



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# **GRADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA EDIFICACIÓN**

## **PROYECTO FINAL DE GRADO**

### **SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA**

**Proyectista:** Angel Fernández del Moral

**Director/es:** Antonio Caballero Mestres

Licinio Jose Alfaro Garrido

**Convocatoria:** Abril/Mayo 2015





## RESUMEN

En la realización de este proyecto se quería analizar energéticamente un proyecto real escogido desde el archivo municipal de Badalona, para a continuación plantear distintas hipótesis para reducir la demanda energética mediante únicamente sistemas pasivos, sin alterar de manera innecesaria el proyecto del arquitecto o la funcionalidad de la vivienda y con el fin de demostrar la importancia del bioclimatismo en el mundo de la arquitectura.

Para ello se ha utilizado como herramienta continua de trabajo el programa DesignBuilder, desde el cual se ha modelado el proyecto original y cada una de las hipótesis. Para realizar la reducción de demanda energética se activaron unos sistemas activos de agua caliente sanitaria, refrigeración y calefacción exactamente idénticos tanto en el proyecto original como en las distintas hipótesis, con lo que cualquier ascenso o descenso de kWh anual sería debido a los cambios por sistemas pasivos.

Para apoyar el estudio del proyecto se han utilizado estereográficos a mano de cada ventana para ver de manera visual como afectaban las sombras y sus orientaciones y el programa Dialux para ver los niveles de iluminación natural que ofrecía cada estancia.

En cuanto a los resultados obtenidos tras las propuestas de mejora del proyecto original, se ha conseguido un claro descenso de la energía necesaria para mantener el edificio en el estado de confort, que prácticamente alcanza el 15%. La mayoría de los kWh ahorrados están relacionados con la necesidad de utilizar calefacción, que ha sido el principal problema a solventar desde que se obtuvieron los resultados del análisis energético del proyecto original, aunque también hay una caída de la energía requerida por refrigeración y por iluminación.

La reducción de la demanda energética alcanzada tras las distintas hipótesis demuestra la importancia de tener en cuenta aspectos bioclimáticos durante el proceso de elaboración de cualquier proyecto. Durante la elaboración de este trabajo he observado la utilidad que pueden llegar a tener el uso de herramientas como DesignBuilder, para analizar energéticamente un edificio y aplicarle cambios posteriormente, ya sea en cuanto a orientación, distribución, cerramientos, aberturas... de cara a mejorar los resultados iniciales, térmicos o lumínicos.



## ÍNDICE

### 1 INTRODUCTION

- 1.1 PURPOSE OF THE DISSERTATION
- 1.2 CONTRIBUTION TO THE FORMATION OF THE STUDENT THROUGH THE DISSERTATION
- 1.3 EXPECTED RESULTS
- 1.4 RATIONALE FOR THE UTILITY OF THE DISSERTATION

### 2 DEVELOPMENT

- 2.1 BACKGROUND AND REVIEW OF THE STATE OF THE ART
- 2.2 APPROACH AND DECISION ON ALTERNATIVE SOLUTIONS
- 2.3 DEVELOPMENT OF SOLUTIONS SELECTED

### 3 CORE MEMORY

- 3.1 PRIOR DOCUMENTATION
  - 3.1.1 SITUATION AND CLIMATE DATA
  - 3.1.2 DESCRIPTION OF THE OBJECT BUILDING STUDY
- 3.2 ENERGY ANALYSIS
  - 3.2.1 MODEL DESIGN DESIGNBUILDER
  - 3.2.2 RESULTS
    - 3.2.2.1 THERMAL ANALYSIS
      - 3.2.2.1.1 ZONAL ANALYSIS
      - 3.2.2.1.2 ANÁLISIS A NIVEL DE EDIFICIO
    - 3.2.2.2 ANÁLISIS LUMÍNICO
- 3.3 PROPUESTAS DE MEJORA
  - 3.3.1 HIPÓTESIS A. DESPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA / CORRECCIÓN DEL ENTORNO
  - 3.3.2 HIPÓTESIS B. DISTRIBUCIÓN ZONAS FRIAS / ZONAS CALIENTES
  - 3.3.3 HIPÓTESIS C. REDUCCIÓN DEL PORCHE OESTE Y DE VOLADIZOS EN CUBIERTA
  - 3.3.4 HIPÓTESIS D. ABERTURAS
    - 3.3.4.1 HIPÓTESIS D.1. REORIENTACIÓN DE LAS ABERTURAS
    - 3.3.4.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR
      - 3.3.4.2.1 HIPÓTESIS D.2. FACHADA SUROESTE
      - 3.3.4.2.2 HIPÓTESIS D.3. FACHADA NORESTE
      - 3.3.4.2.3 HIPÓTESIS D.4. FACHADA SURESTE
      - 3.3.4.2.4 HIPÓTESIS D.5. FACHADA NOROESTE
  - 3.3.5 HIPÓTESIS E. ENVOLVENTE TÉRMICA

3.3.5.1 HIPÓTESIS E.1. FACHADA

3.3.5.2 HIPÓTESIS E.2. CUBIERTAS Y SUELOS

3.3.5.3 HIPÓTESIS E.3. CARPINTERÍA

3.4 PROYECTO FINAL ADAPTADO, COMPARATIVA

4 RESUMEN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES

4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.3 BIBLIOGRAFÍA

5 ANEXOS

5.1 ANEXO A. PLANOS

5.2 ANEXO B. PLANTILLAS DE DESIGNBUILDER

5.3 ANEXO C. MUESTRA DE DATOS CLIMÁTICOS

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 PURPOSE OF THE DISSERTATION

In the world of construction is increasingly being given more importance to the environment and therefore are considered more aspects provided that the building is sustainable, but today still remains secondary and optional the fact implement these concepts. If we look at the streets around us, few buildings that offer themselves (by design in shape, orientation, elements, materials,...) conditions appropriate to the needs of their owners.

This happens because when the owner of a plot wants to build his apartment together, just based on aesthetics and functionality, i.e. ask three bedrooms and dressing, but do not ask for an internal temperature of 22 ° C throughout the year and an illumination of 500 lux on the table although they need, they will end up using heating, cooling, and extra lighting because of high energy demand.

Could be saving in this way throughout the life of the building, thanks only to the design of the building.

The idea of this proposal stems from this observation and involves working with the architect of this building and advise to reduce energy demand through passive bioclimatic systems. To do so would be given different scenarios of improvement on the original project so that he sees the difference between whether to apply these suggestions for improvement.

### 1.2 CONTRIBUTION TO THE FORMATION OF STUDENT THROUGH THE DISSERTATION

The dissertation expands the knowledge acquired in the DAC sustainability, trying to further the issue of energy analysis in a case.

Try software (AutoCAD, DesignBuilder and Dialux) and the link between them in the same project and shows the usefulness thereof in a case that could be real.

### 1.3 EXPECTED RESULTS

It is planned to achieve a reduction in energy demand as a positive result. Dividing the proposals on various scenarios and compare allows easily reject or accept each depending on whether or not there is a positive result.

### 1.4 RATIONALE FOR THE UTILITY OF THE DISSERTATION

Students specializing in the field of energy analysis while bioclimatic makes you propose adaptations (by passive elements) and data demonstrate why or how much each improvement over the previous state. It is also a way to see how important are the building under study passive systems in energy demand.

## 2 DEVELOPMENT

### 2.1 BACKGROUND AND REVIEW OF THE STATE OF THE ART

Based on the analysis to be performed on the work revolves around the DesignBuilder program, which lets you create and analyse a building energy simulation, to apply passive design strategies and re-simulate so you can check the results of those strategies.

This program uses for its calculations the most advanced and powerful calculator market, Energy Plus (which is free but very complex), while easy handling and visualization. It is therefore more complete than other certification programs or energy rating as leader or Calener and input many more variables such as applying user profiles. Despite being payment periods has enough to do this work test.

To observe daylight levels Dialux be used because it is a more specific and detailed in this aspect and uses Spanish legislation program.

Finally for help in finding passive strategies will also be made stereographic handmade from the midpoint of each window.

### 2.2 APPROACH AND DECISION ON ALTERNATIVE SOLUTIONS

The assumptions for improvement will be raised from the results of the energy analysis of the original project and divided at a time to be able to reject or accept each without being affected by any other change in design or strategy.

### 2.3 DEVELOPMENT OF THE SOLUTIONS SELECTED

Proposals will be selected with positive results, i.e. which lead to reduced energy demand, or to be more efficient when different tests are made.

Once a hypothesis is accepted, you will have it on the following assumptions so that the results of the proposals for improvement in reducing the energy required to keep the building in a state of comfort, be cumulative.

On the results of these hypotheses a graph comparing to the previous state will be to analyse the downsizing with.

### 3 CORE MEMORY

#### 3.1 PRIOR DOCUMENTATION

##### 3.1.1 SITUATION AND CLIMATE DATA

###### Situation

We are located in the city of Badalona (Barcelona), about 2km from the coast, where the sea acts as a major thermal inertia.

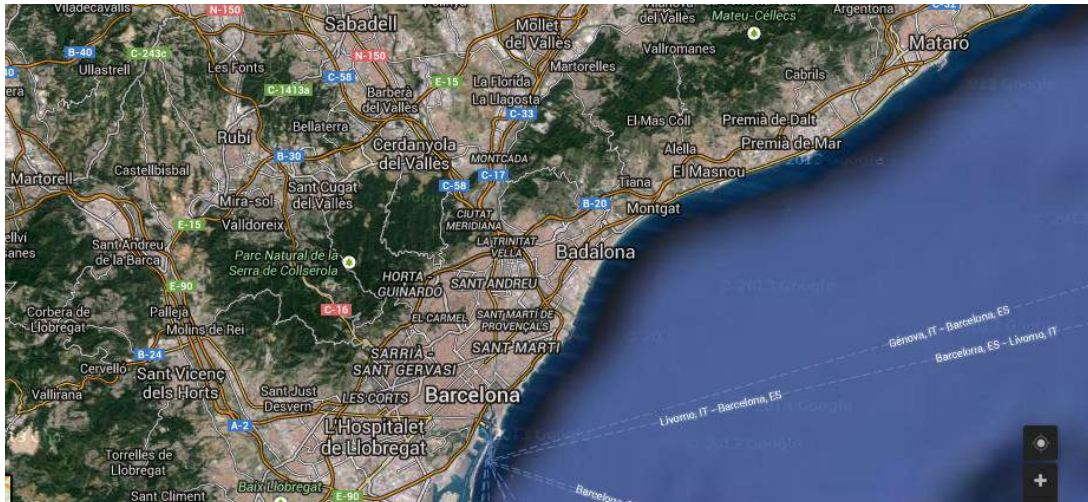


Figure 3.1 Satellite image from Badalona.

Northwest elevated levels shown on topographic maps of the city. On the skyline a flat section from east to west is checked but the north-south section is seen as the north there is a rise of dimensions, which means that the plot is located in a geographic area well exposed to solar radiation and winds, although slightly hidden from winds from the north and northwest.

The property is located on the street Llimoners, number 4, in the neighbourhood of Mas Ram, on a plot of 1199,62m<sup>2</sup>.

Building plans under study were obtained from the municipal archives of Badalona in 2012. It should be clarified that there is now a new building in its place, which has not been able to get real photos of the construction only of neighboring buildings.



Figure 3.2 Satellite image from Mas Ram neighborhood.

The neighbourhood is not in the urban nucleus of Badalona it is located in a more secluded area northeast. To the south are the busiest roads, although the distance is enough to avoid noise or wind gusts are changed.

Around the plot under study, there are two geographical conditions may change slightly increasing humidity microclimate: the stream situated south, is dry but is completely surrounded by vegetation, and mountainous terrain and vegetation located northwest.

As to the constructions of this neighbourhood are usually isolated from two detached storey pitched roof.

Scaling up the street dels Llimoners, you should consider the impact on neighboring plots.



Figure 3.3 Satellite image from Llimoners street (looking west).



The nearby buildings do not affect the plot of the project in terms of shadows, as the west is undeveloped plot and on the east who brings shadows is all vegetation that surrounds the perimeter of the plot.

As shown in sections plot plan will be the walls that limit the land and vegetation that those with more involvement on our building.

At this point the wind conditions and solar radiation changes regarding reflecting the topographical. In north-south section air intake and radiation stresses south and north winds hindered, while the section east-west, ground floor will have a 100% impact of wind and solar radiation in both directions but plant floor is shaded and with little wind outside.

#### Weather data

It is in an area where a maritime climate and temperate weather has, with a moderate thermal width between 10 and 25 which means that to achieve a comfort temperature between 21-25 °C housing will require greater capacity to capture heat than to eject to the outside.

The moisture level in this climate is high due to its proximity to the Mediterranean situation and many times exceed 70% relative humidity. Wind gusts are averages. All climate zone data are incorporated in the energy analysis using a .wea file and summarize as informative annex.

### 3.1.2 DESCRIPTION OF THE OBJECT BUILDING STUDY

It is an isolated single-family building built before the 80s, housing consists of ground floor and first floor and its main facade faces a road, with a 18,15° south west orientation. It is considered as a new and well insulated building, since we assume that is the building that presents the architect, but really has been provided by the municipal archives of Badalona and is earlier than the 80s.

It has a total of 152,23 m<sup>2</sup> space built on ground floor (excluding porches) and 100,28 m<sup>2</sup> ground floor (excluding terraces), distributed according to the different rooms.



Figure 3.4 Image of the north and west facades through SketchUp.



Figure 3.5 Image of the south and east facades through SketchUp.

The type of construction is traditional, highly consistent with the neighbouring buildings. Then the layers and materials of each enclosure (data introduce the calculations by Design Builder) are described.

#### Enclosures introduced into DesignBuilder

\*The paint layers and waterproofing are not introduced because the energy calculation level not change anything.

EXTERIOR WALLS	
THICKNESS AND MATERIAL (Exterior layer up)	
0,14m Facing brick solid 0,10m Rockwool 0,05m Hollow brick 0,015m Gypsum plaster	

INTERIOR WALLS	
THICKNESS AND MATERIAL	
0,005m Plaster 0,14m Solid brick 0,005m Plaster	

FLAT ROOFS	
THICKNESS AND MATERIAL (Exterior layer up)	
0,012m Porcelain stoneware 0,02m Mortar 0,08m Extruded polystyrene 0,04m Concrete 0,23m One-way spanning slab 0,01m Plaster	

ROOFS INCLINED	
THICKNESS AND MATERIAL	
0,02m Baked clay tile	
0,03m Mortar	
0,04m Ceramic board	

INTERIOR FLOORS	
THICKNESS AND MATERIAL	
0,01m Plaster 0,23m One-way spanning slab 0,02m Mortar 0,012m Stoneware	

FLOORS OF FIRST FLOOR	
THICKNESS AND MATERIAL (Exterior layer up)	
0,05m Gravel 0,2m Air 0,23m One-way spanning slab 0,02m Mortar 0,012m Stoneware	

WINDOWS	
THICKNESS AND MATERIAL	
0,006m Glass 0,012m Aire 0,006m Glass	0,04m Aluminium frames

DOORS	
THICKNESS AND MATERIAL	
0,035m Oak	

Using housing

The owners are four children and a marriage and housing is their only residence. The master bedroom downstairs and bathroom will be invited and Sundays only be used by a guest.

Predominant use of afternoons, marriage party working hours although most of the morning and the children study all morning. Weekends use the same schedule as the rest of days but do other tasks.

No vacancy in summer or holidays.

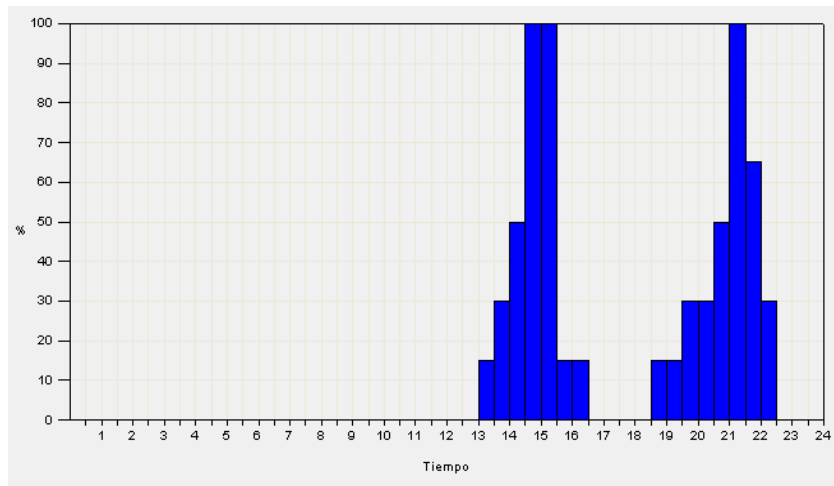
The templates are full in the annex, for example in memory related exposed the living–dining room.

Occupation

	PERS./ USABLE AREA (m <sup>2</sup> )
Suite room 1	$1 / 20,41 = 0,05$
Bathroom suite 1	$1 / 6,71 = 0,15$
Toilet room	$1 / 2,43 = 0,41$
Storage	$1 / 6,38 = 0,16$
Stairway area 1– Corridor 1– Hall 1	$1 / 18,26 = 0,05$
Hall 2	$1 / 6,44 = 0,16$
Living room – Dining room	$6 / 47,51 = 0,13$
Kitchen	$6 / 16,59 = 0,36$
Double room 1	$2 / 11,47 = 0,17$
Bathroom	$1 / 5,17 = 0,19$
Double room 2	$2 / 9,68 = 0,21$
Corridor 2	$1 / 3,71 = 0,27$
Stair area 2	$1 / 11,35 = 0,09$
Suite room 2	$2 / 26,06 = 0,08$
Bathroom suite 2	$1 / 6,11 = 0,16$

Tabla 3.1 Maximum occupations (persons/usable area).

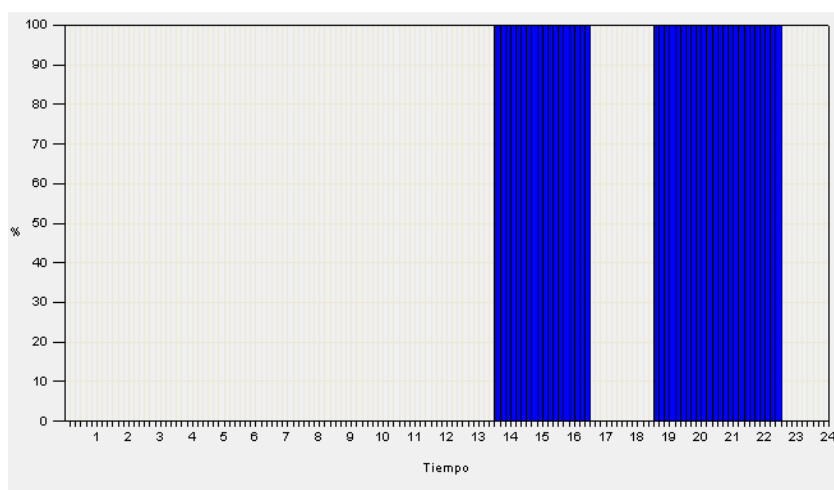
At levels of occupation zones in the following figure, the percentage is given based on maximum occupancy and time of use in each time slot.



Graphic 3.1 Template occupation of the living-dining room.

As a typical example hallway where there is occupation for 2 minutes by one person (other people moving through the area in passing) between 20:00 and stay 20:30 on staff occupying Design Builder will place 10% in that time slot, approaching its average occupancy.

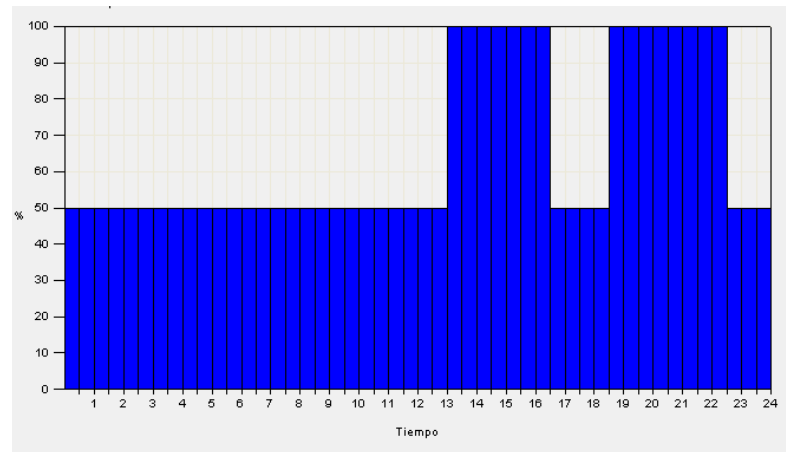
### Lighting



Graphic 3.2 Template lighting. Living-dining room.

Values are always 100% because no power regulators, if the lights in a room light from 15:00 to 17:00 for 30 minutes, is done by placing the three middle columns 100% spread that time slot. The minimum strip can be divided with 7/12 templates in Design Builder is 10 minutes, as used in the above chart.

### Heating and cooling systems (HVAC)



Graphic 3.3 Template HVAC. Living-dining room.

These templates are defined with a value of 100% when occupation and with a value of 50% when there is not. These values relate the desired indoor temperature, when it should be within the comfort temperature (100%) as you can drop some temperature (50%).

## 3.2 ENERGY ANALYSIS

This section is to study the thermal and light operation of the building. The aim will reduce the need for use of heating / cooling and artificial lighting. DesignBuilder be used for thermal analysis and combined with Dialux for lighting.

### 3.2.1 MODEL DESIGN DESIGNBUILDER

DesignBuilder calculates many important and useful aspects as indoor temperatures or consumption of the building, for it must be defined through the following steps:

#### 1. Enter the site data (where climate zone data included).

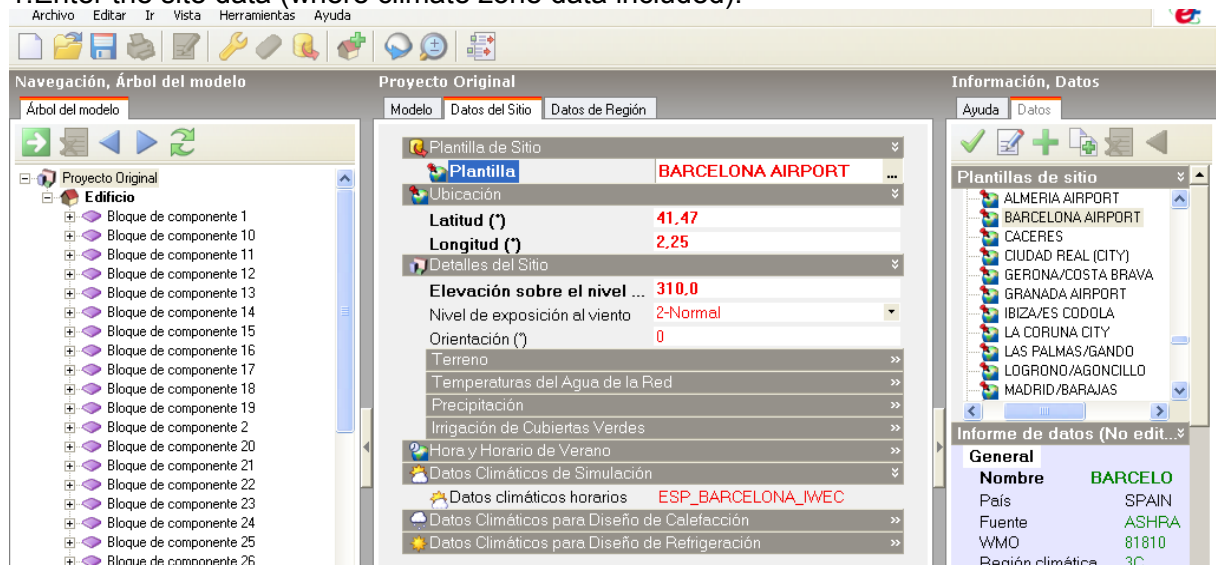


Figure 3.6 Site data in DesignBuilder.

2. Draw the geometry of the building thanks to a .dxf file as a template (2D geometry have to include windows, interior partitions and doors). Also the skyline forming the walls and trees in contact with the plot because they are generating shadows in the model.

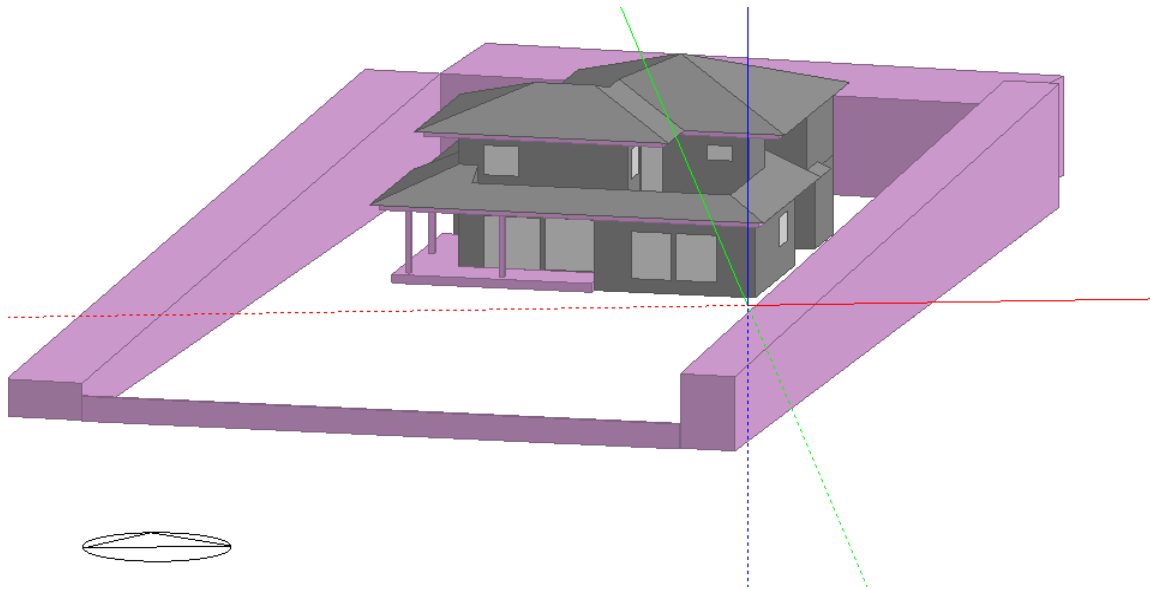


Figure 3.7 DesignBuilder model.

3. Edit tab enclosures data Subsection 3.1.2. This tab is responsible for defining each building system and take into account the characteristics of each material when making the thermal calculation.

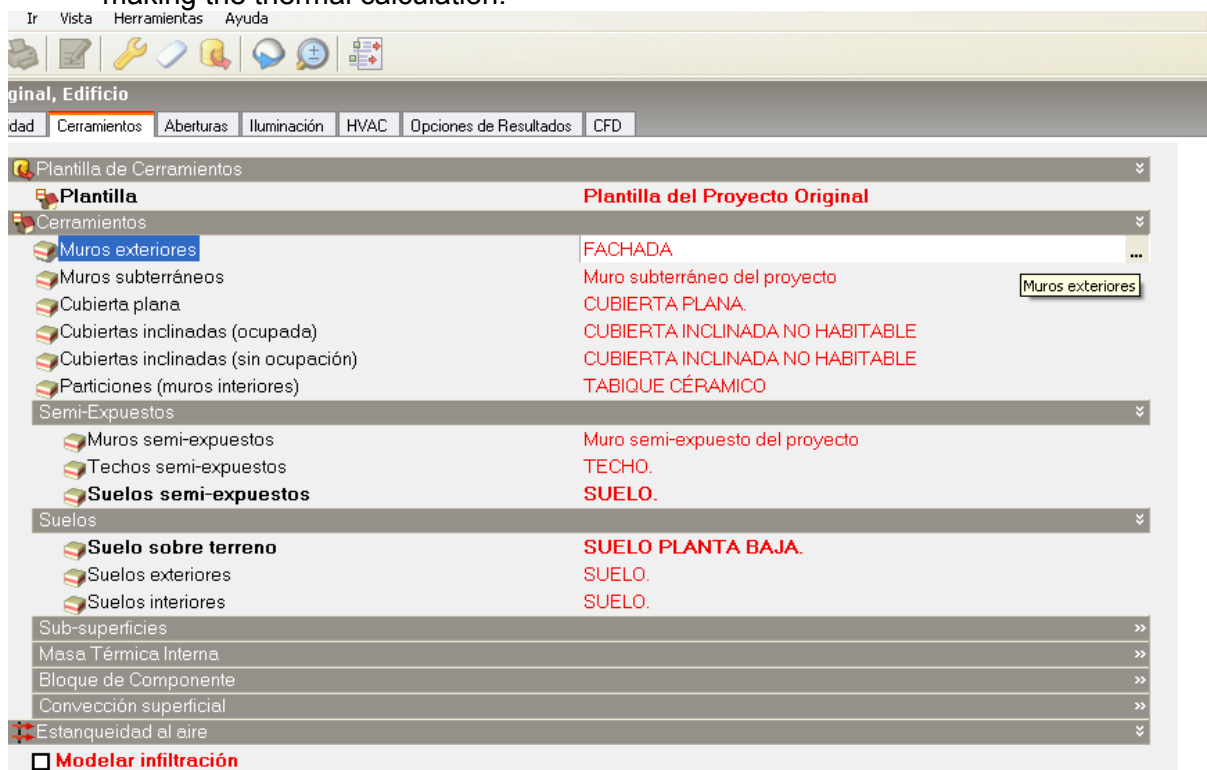


Figure 3.8 Enclosures building in DesignBuilder.



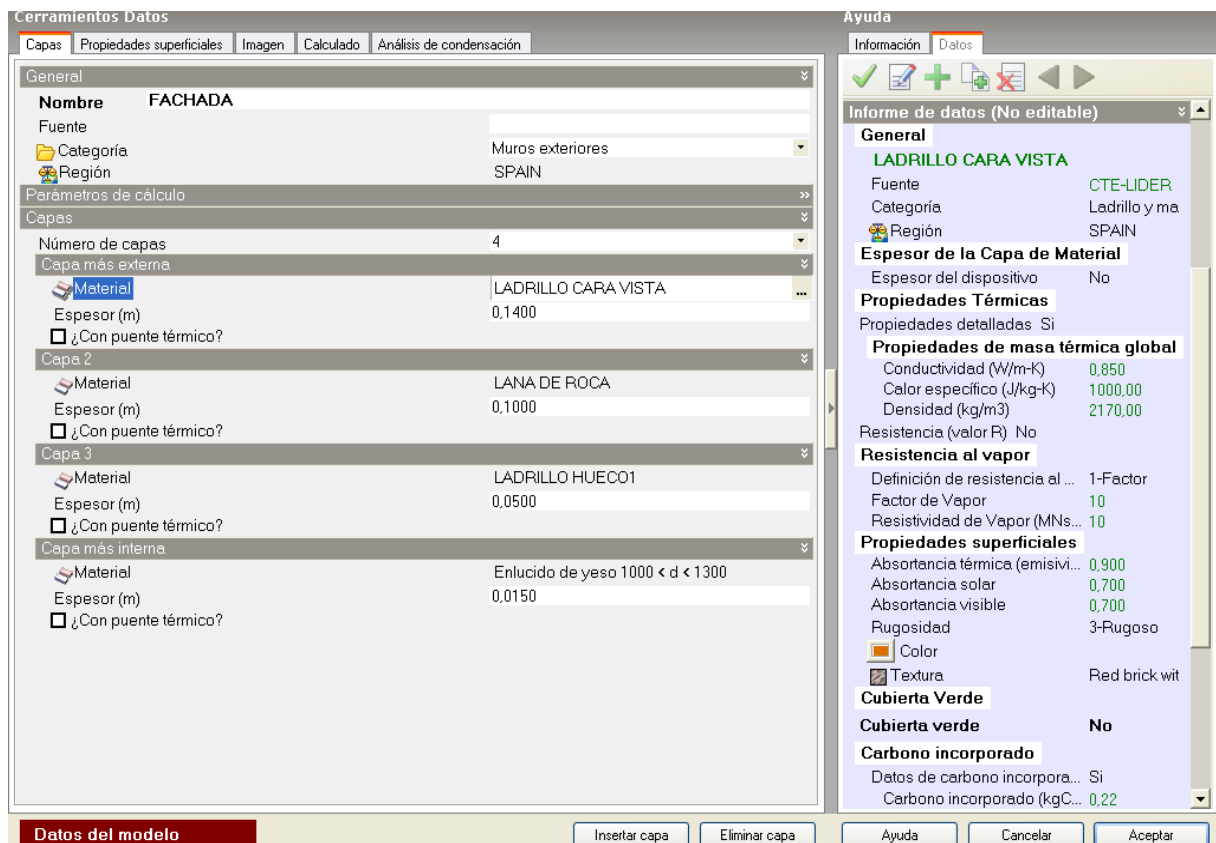


Figure 3.9 Layers of facade in DesignBuilder.

4. In the tab activity to be defined:

- Maximum occupancy in person / m<sup>2</sup> according to Table 2.1.3 and its programming as it shown in templates occupation in the annex.
- The activity is assigned to each area of the building (bedroom, dining room, ...) as well an estimate of internal gains are calculated by occupation and equipment.
- As temperature setpoints will be 21 °C for heating and 25 °C for cooling. This will activate the active systems when the temperature inside each area is not within this range of 21-25 °C.  
18 °C and 28°C will be added as secondary slogans when no occupation in each area (it will do the same in the project adapted). In this way active systems will drop 3 °C temperature in each zone housing when no one.
- The minimum levels of illuminance (lux) will be scored in each zones (found Table 3.6 Summary of illumination).

Proyecto Original, Edificio, Planta Baja, Sala de estar -

Opciones de Resultados CFD

Modelo Actividad Cerramientos Aberturas Iluminación HVAC

Plantilla de Actividad

**Plantilla** Domestic Dining room

Sector Residential spaces

Tipo de zona 1-Estándar

Multiplicador de zona 1

☒ Incluir zona en cálculos térmicos

☒ Incluir zona en cálculos de luz diurna con Radiance

Ocupación

Densidad (personas/m2) 0,1300

Programación SE-COMEDOR\_OCUP

Condiciones Metabólicas

Actividad Eating/drinking

Factor (Hombre=1.00, Mu... 0.90

Tasa de generación de ... 0.0000000382

Vestimenta >>

ACS >>

Control Ambiental

Consignas de Temperatura de la Calefacción

Calefacción (°C) 21,0

Consigna secund... 18,0

Consignas de Temperatura de la Refrigeración

Refrigeración (°C) 25,0

Consigna secunda... 28,0

Consignas de Humedad Relativa >>

Consignas de Temperatura para Ventilación >>

Aire Exterior Mínimo >>

Iluminación

Nivel mínimo de Il... 300

Dens. de iluminación ... 0

Computadoras >>

Equipos de oficina

☒ Activar

Ganancia (W/m2) 3,06

Programación Dwell\_DomDining\_Equip

Fracción radiante 0.200

Misceláneos >>

Cocina >>

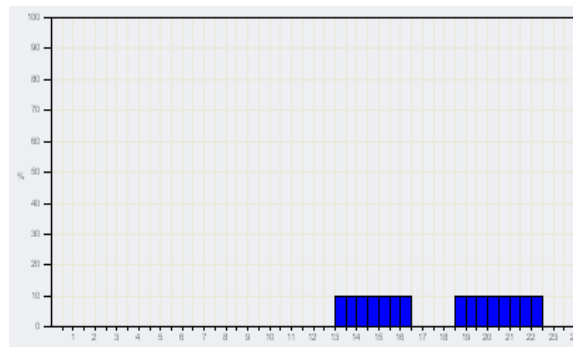
Procesos >>

Figure 3.10 Activity in DesignBuilder.

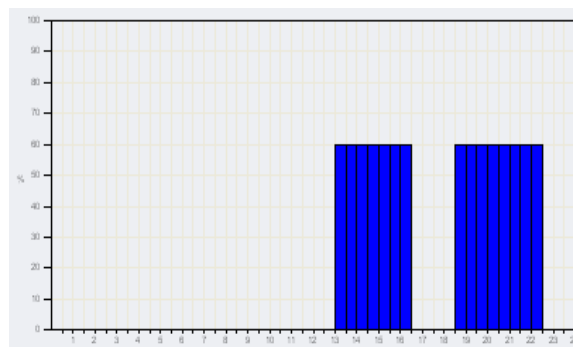
5. In model options should be marked "compact" natural ventilation "calculated" HVAC to obtain more accurate calculations, this will allow the program to add some data as the operation of the openings.

6. Operation (windows and doors, exterior and interior) will be defined in the tab openings to calculate the flow of air and thus generating natural ventilation housing.

They work the same way as in the project adapted as they are controlled by the users themselves. You will be given somewhat percent higher opening in summer than in winter in all windows and are kept closed when no occupation.



Graphic 3.4 Operation of the openings of the living room in winter in DesignBuilder.



Graphic 3.5 Operation of the openings of the living room in summer in DesignBuilder.

7. As for lighting, LED lighting and energy (W / m<sup>2</sup> - 100 lux) will be placed to get each zone, as the lights of each room (described in Table 3.6 Summary of illumination). Using each room as it is shown in the templates lighting in the Annex are also scheduled. This coupled with the minimum level of illumination of each area, which was defined earlier in tab activity, will connect the artificial lighting when natural lighting is not sufficient for each zone (within the hours of use).

Lighting control with illuminated area type "2.Lineal / off" because these lights do not allow graduating its power will be activated.

In the living room - dining room having two zones with minimum levels of lighting, you should place two controls lighting and redefine the minimum value in lux should have that area.

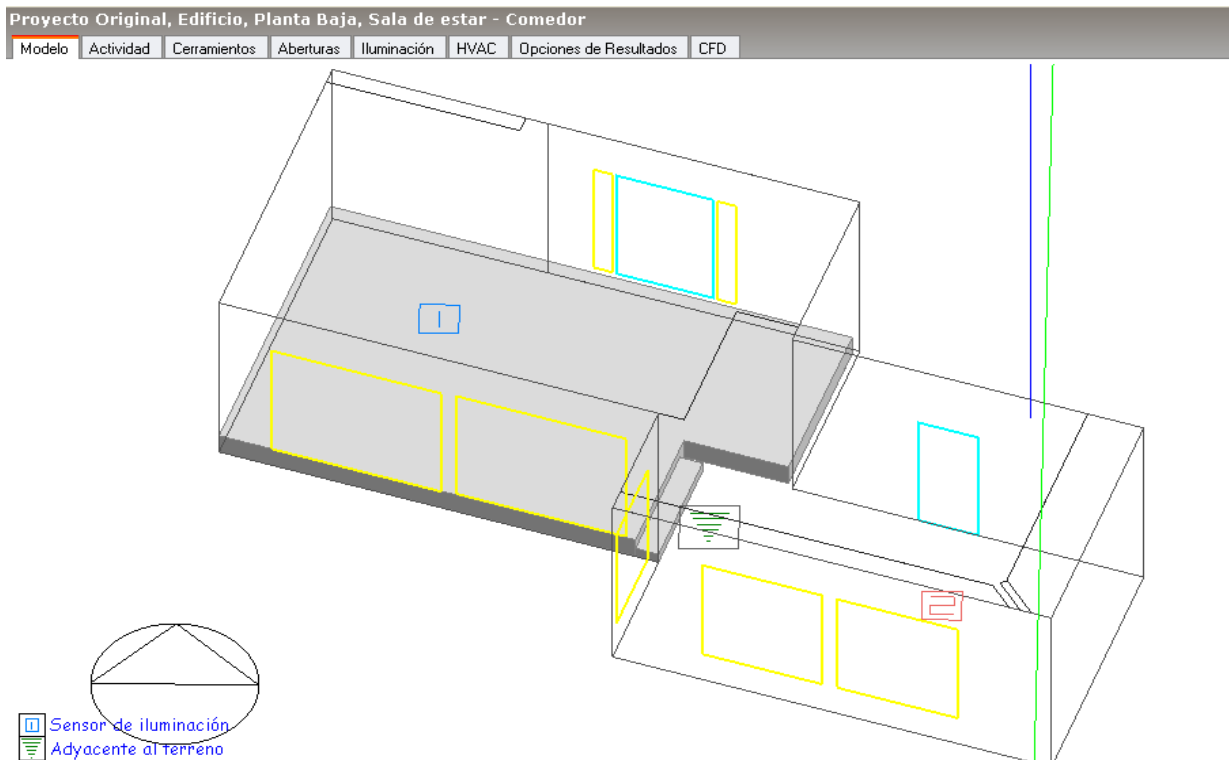


Figure 3.11 Zone with 2 minimum illumination sensors in DesignBuilder.

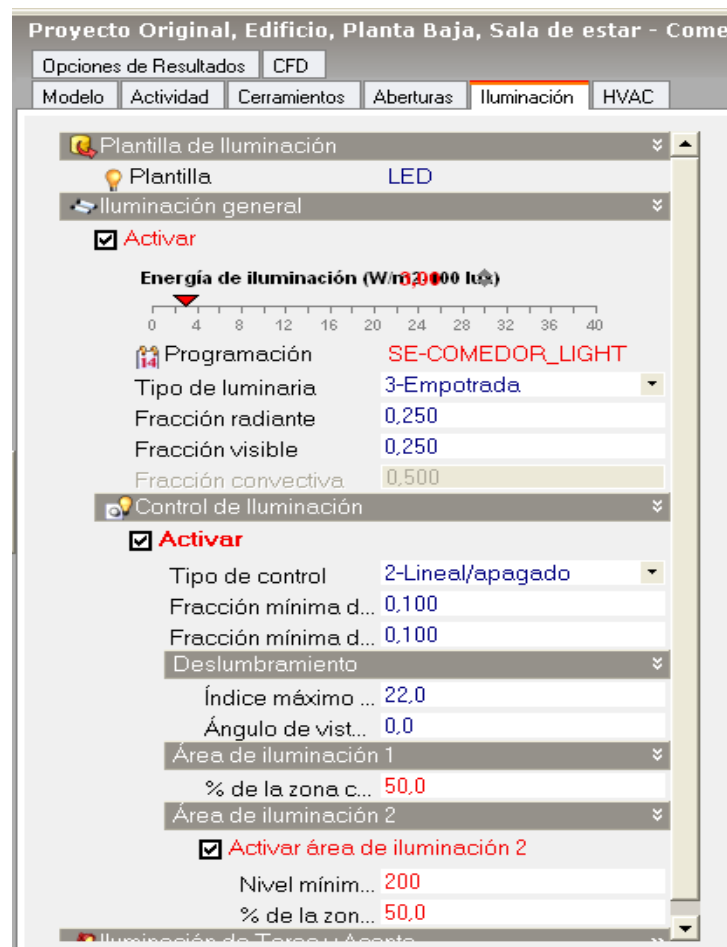


Figura 3.12 Lighting in DesignBuilder.

8. Finally, HVAC tab will be enabled:

A) Heating. Natural gas boiler (although there is a fireplace drawn in building a natural gas boiler is assumed since it is not known which fuel is used and really a consumption level that matters is having the same heating system in both projects to compare). Could not get the building system plans.

B) Refrigeration. Cooling water.

C) Domestic hot water. Natural gas boiler (same as HVAC). It is activated only in damp rooms.

D) Natural ventilation.

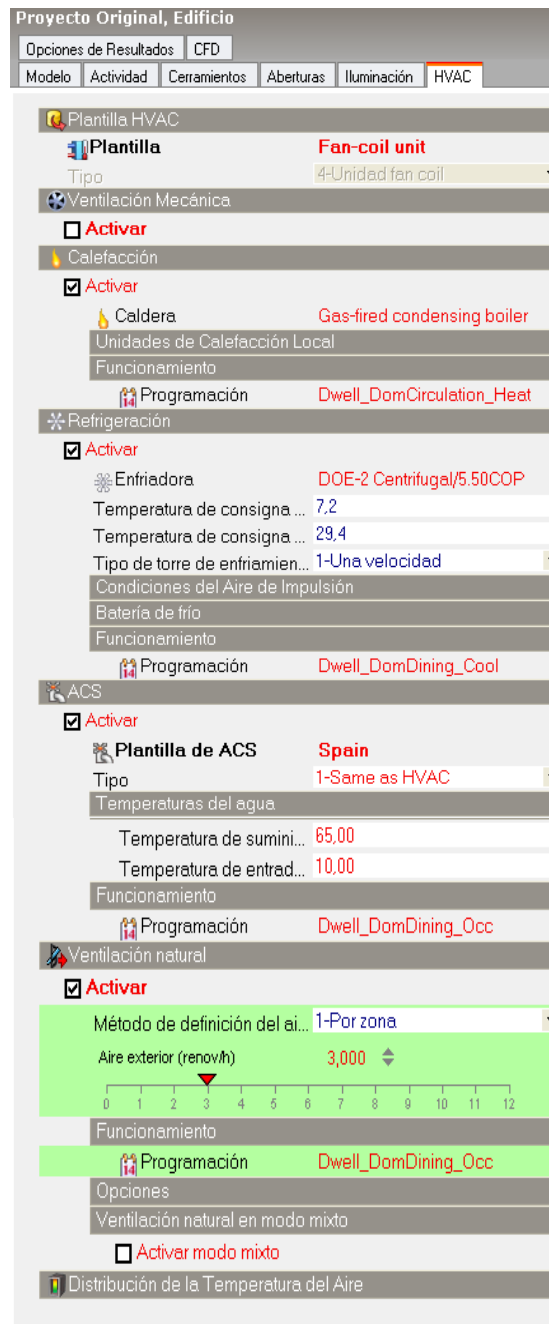


Figure 3.13 HVAC in Design Builder.

In natural ventilation, zonal flows minimum ventilation in renovations / hour are added.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos			
		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s	
		Por ocupante	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5	
	Salas de estar y comedores	3	
	Aseos y cuartos de baño		15 por local
	Cocinas		2 50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7
	Aparcamientos y garajes		120 por plaza
	Almacenes de residuos		10
<sup>(1)</sup> Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).			

Table 3.2 Minimum air-flow ventilation required by *DB HS Salubridad*.

In the calculations of energy demand and indoor temperatures, all these systems except natural ventilation are disabled. They are activated only when consumption analyse.

Then the heating and cooling zones as is shown in templates HVAC Annex, putting 100% values when there is occupation and values of 50% when no be scheduled, this will activate the slogan secondary to the values of 50%. The room and bathroom suite 1, to be invited, will not have active systems from Monday to Saturday.

The heating, cooling and ACS are identical in the project adapted so that consumption will vary solely because of passive systems.

### 3.2.2 RESULTS

#### 3.2.2.1 THERMAL ANALYSIS

##### 3.2.2.1.1 ZONAL ANALYSIS

The functioning of the windows of each room will be analysed using stereographic to relate to the results generated by DesignBuilder.

##### Suite room 1

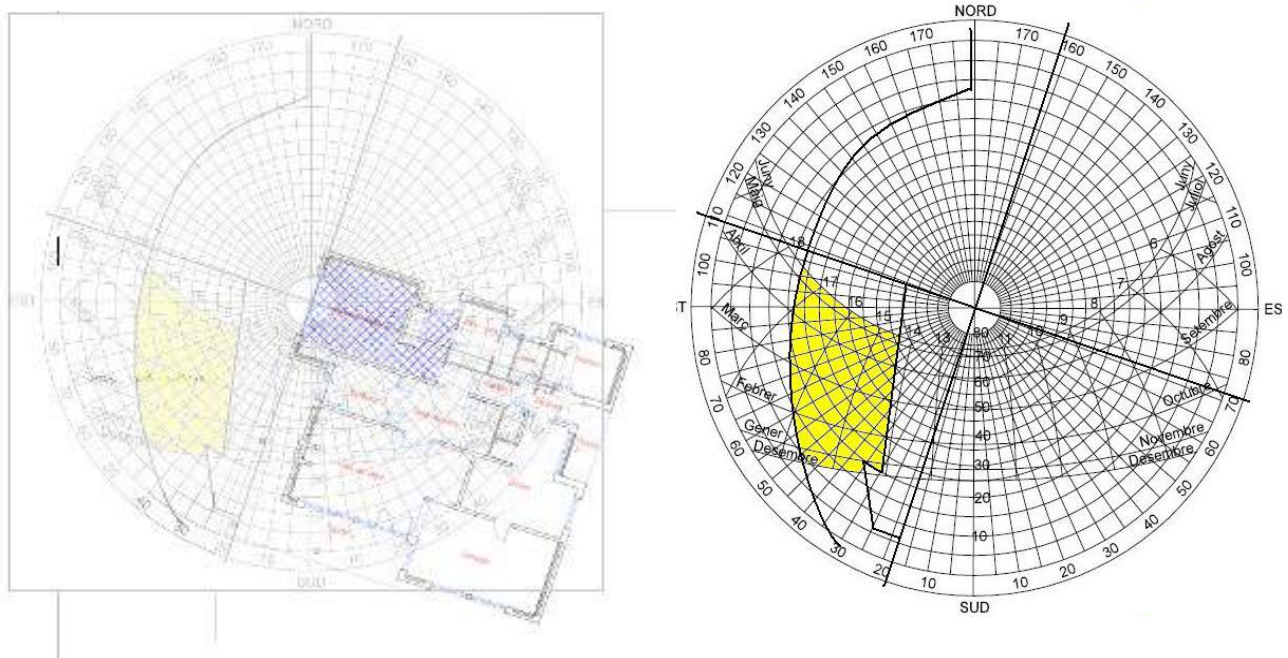
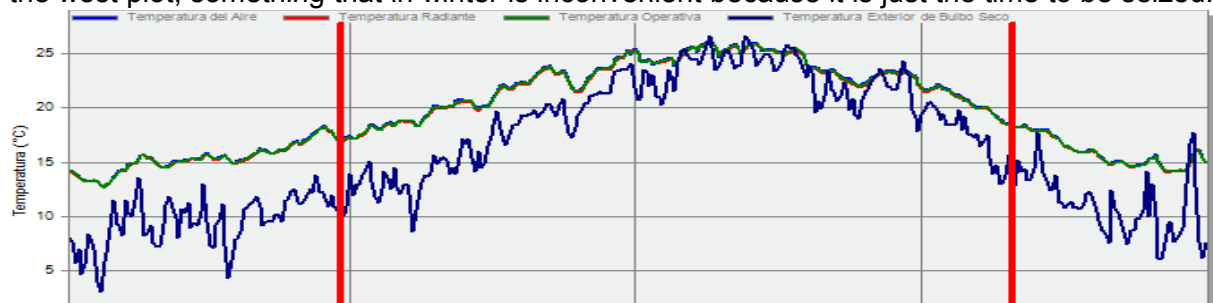


Figure 3.14 Stereographic of the suite room 1 northwest window.

\*Stereographic always study from the center of the window at a height of 1.65m. In yellow time shown in the sunlight acts on the window.

In the northeast window never comes radiation, just captures natural light. In the northwest, its orientation is suitable for use at night and in winter will get increasing temperature until evening, facing later use. The corbel shade in summer and in winter the early afternoon. During the last afternoon shadows receives because of the wall that borders the west plot, something that in winter is inconvenient because it is just the time to be seized.



Graphic 3.7 Annual temperature inside the suite room 1.

\*In blue: Temperature (T) outdoor dry bulb; red: T radiant; green: T operational. The operating temperature is analyzed.



Since the use of suite room 1 is exclusive to guests (use of Sundays), its orientation is less important than the other rooms and you can assign a northern zone since it is preferable to leave the best guidance to greater use (in this we find the lowest level of energy demand). This is shown in the results generated by DesignBuilder, where its temperature is somewhat lower than the average of the building to be north. Energy demand in this room will be less than any other.

#### Bathroom suite 1

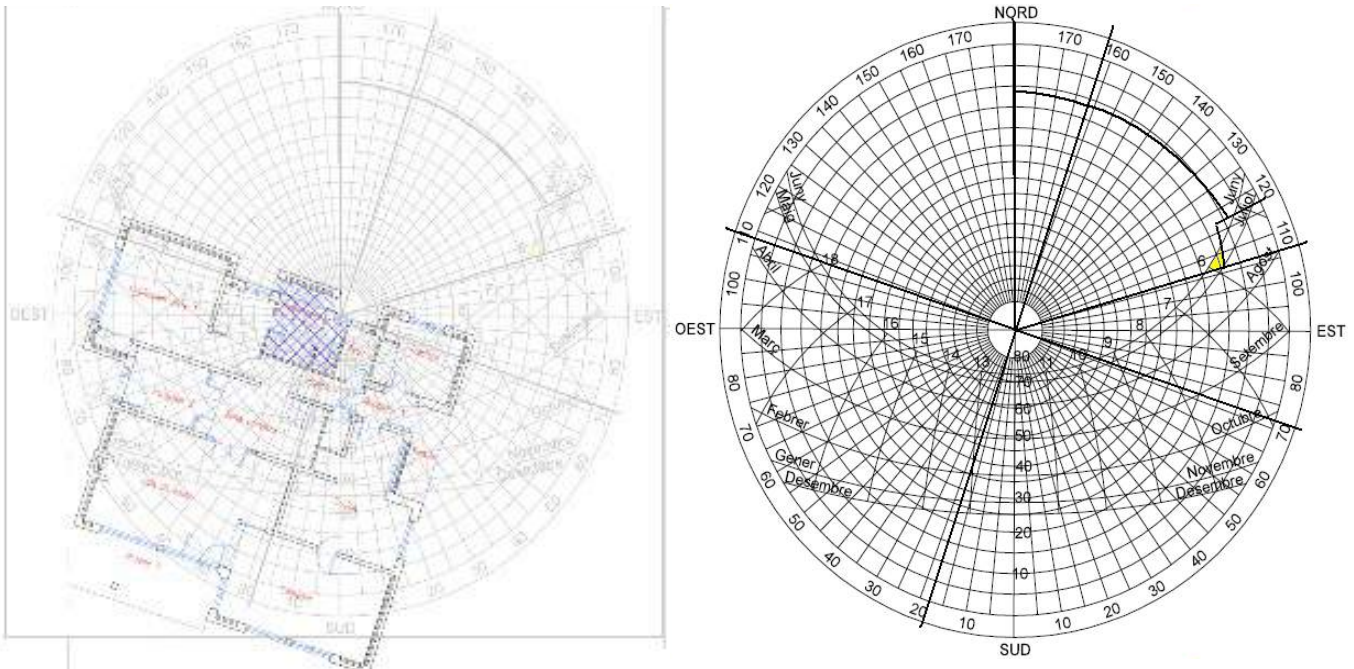


Figure 3.15 Stereographic of the bathroom suite 1 northeast window.

Oriented northwest window receives no sunlight and the northeast, with this schedule as reduced solar gain, you can see that virtually no, its effect will be rather insignificant in terms of indoor temperature bathroom suite 1. Your placement therefore it is only by lighting and ventilation issues (like all windows placed in this building north, given its orientation).



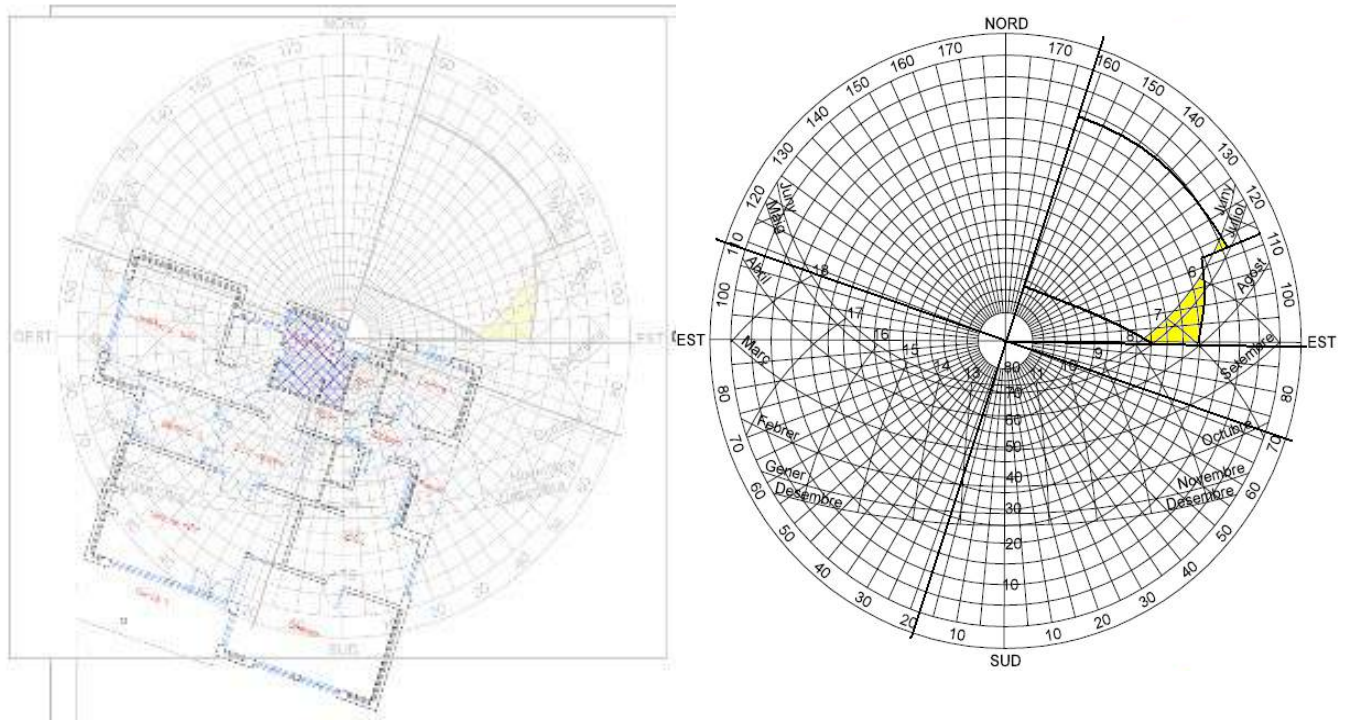
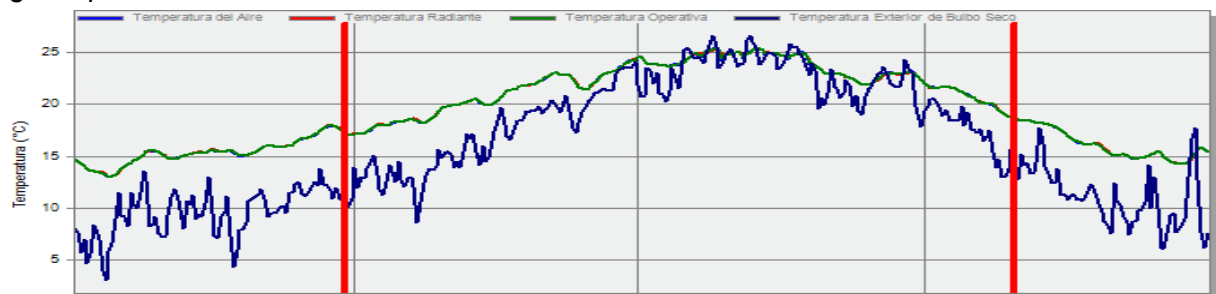


Figure 3.16 Stereographic of the bathroom suite 1 southeast window.

The southeast window receives sunlight only during the summer months and will produce a slight overheating. Both trees east plot as the north wall are beneficial to this window as greatly reduce those hours of sun in summer, yet that is capturing this radiation is harmful and will stay away this stay indoor comfort temperature.

Bathroom suite 1 has very little use, as above, and is therefore good for the rest of spaces give up northern orientation.

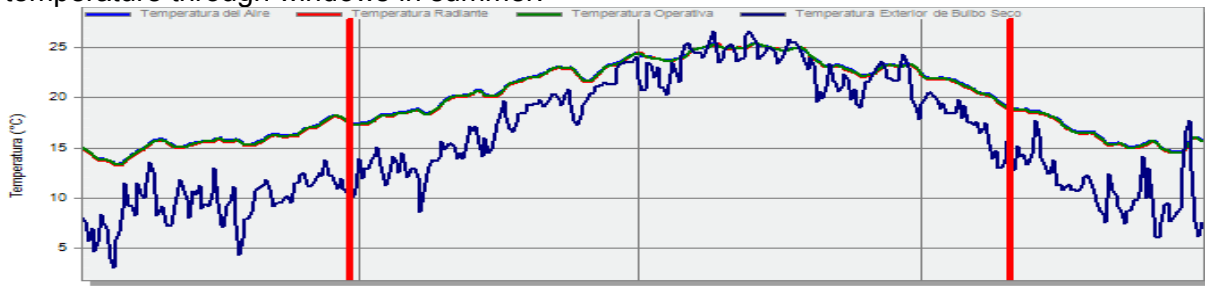


Graphic 3.8 Annual temperature inside the bathroom suite 1.

Its interior temperature is very similar to suite room 1 but can be seen as overheating in summer is lower while in winter months obtains practically the same temperature. Having not just surface solar radiation pick-up, achieves better thermal results than the suite room 1, which requires some type of sun blind in summer.

### Toilet room

Its unique northeast window, designed to ventilate and provide lighting, receives radiation because of storage, this benefits this stay as a guide only allow them to increase the temperature through windows in summer.



Graphic 3.9 Annual temperature inside the toilet room.

Graph very similar to the bathroom suite 1 temperatures, cold area in winter and low in summer overheating (in average temperature no overheating but appear in certain slots). Although it will not be busy all day, this stay is required to maintain active systems in continuous operation (at any time can be used), nevertheless, is considered cold zone when used in short times and hence its orientation.

It happens the same way in any other area of passage and in the storage.

### Storage

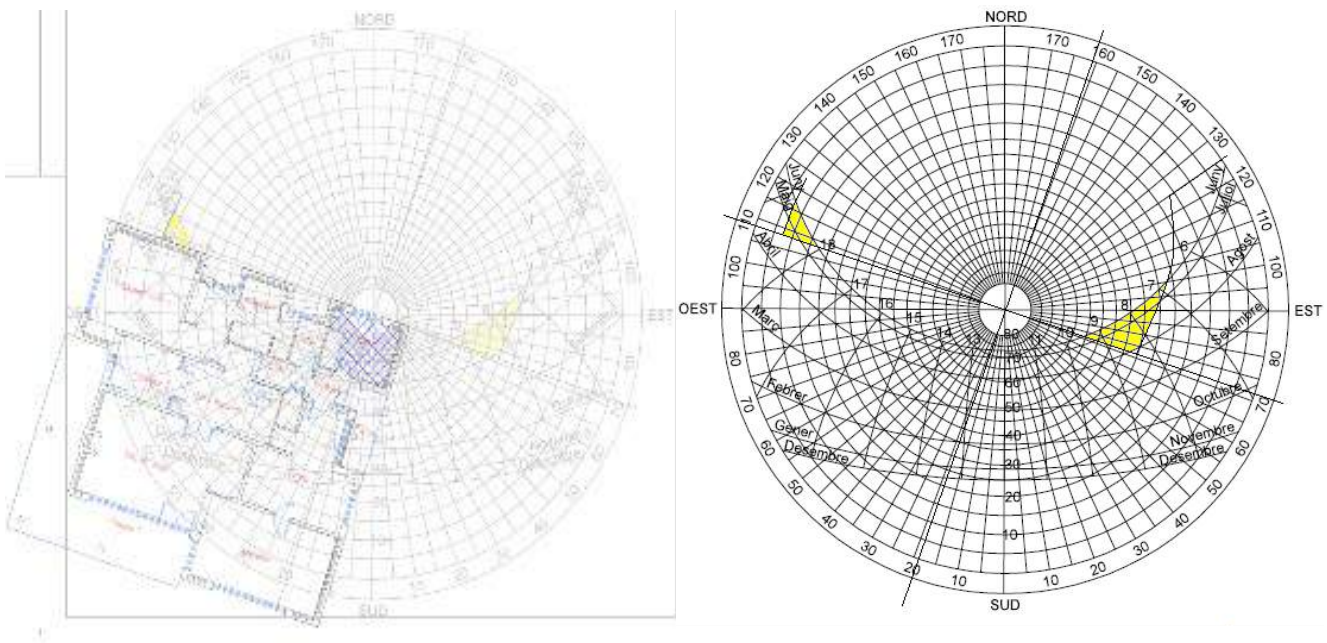
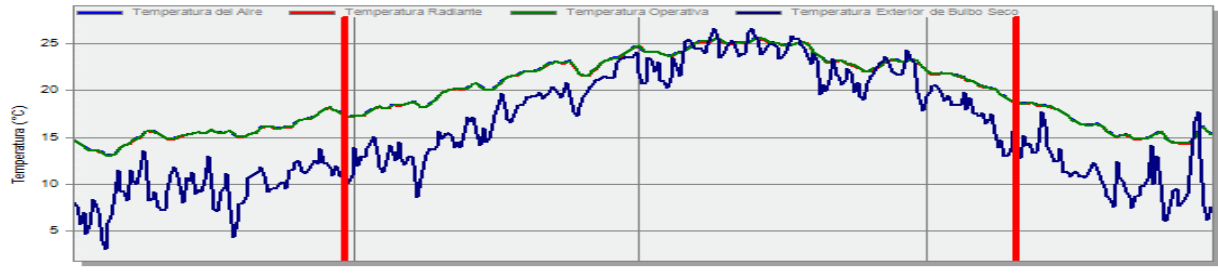


Figure 3.17 Stereographic of the storage window.

Obstacles in the limits of east plot and western greatly reduce earnings per solar radiation that would capture this window early in the morning in summer. Is an inner space with a very low occupancy, which is used in North and insulating space.



Graphic 3.10 Annual temperature inside the storage.

Again the same graph that bathroom suite 1 and toilet room.

Reorient your window to the south-east facade could grow indoor temperature in winter for use midday and evening.

#### Stairway area 1, corridor 1, hall 1

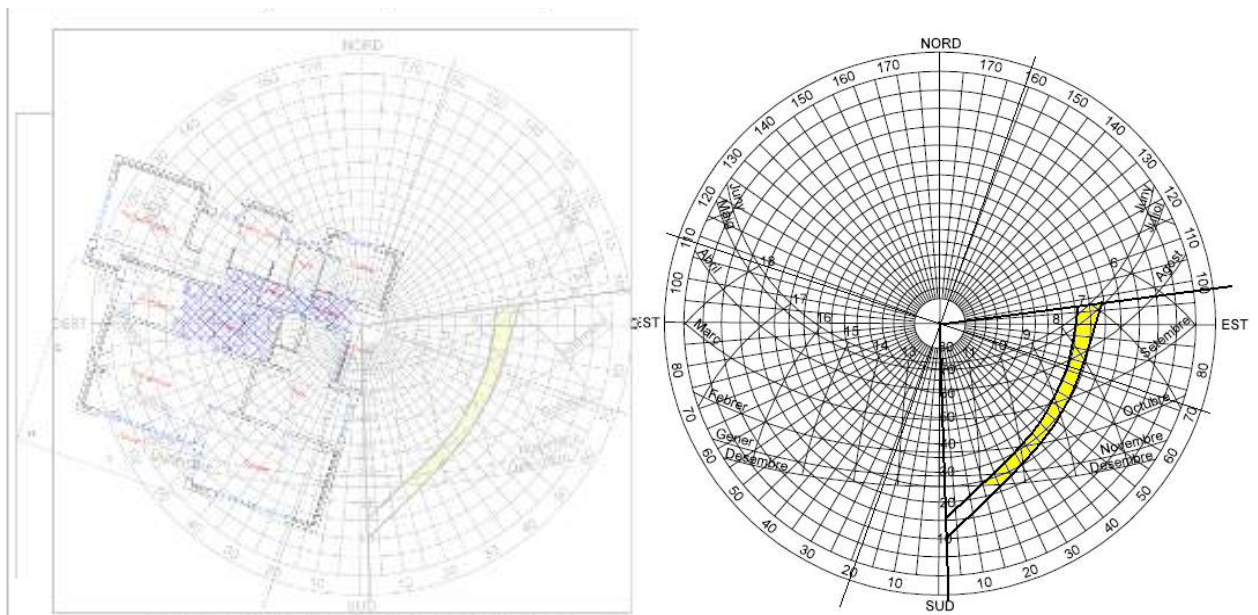
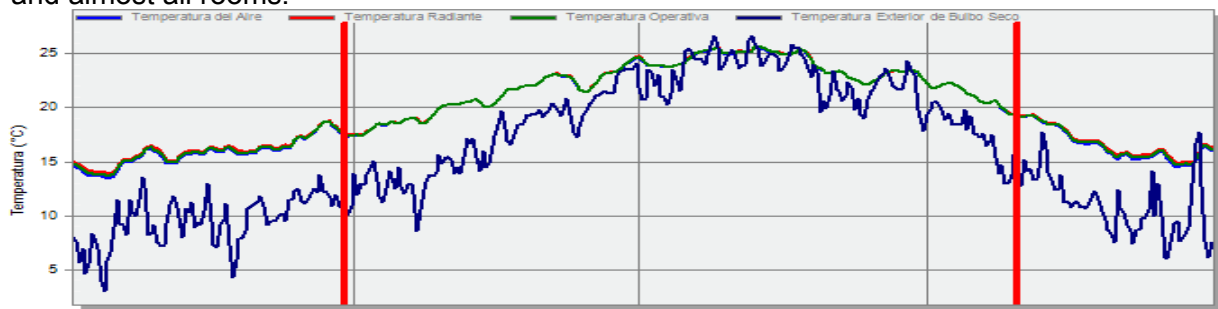


Figure 3.18 Stereographic of the hall 1 glazed door.

There are no windows in these spaces, which severely limits their ability to achieve thermal comfort in winter. The glazed door of the hall 1 is capturing natural light but hardly receives solar radiation because of the trees and the porch (receive something else in its lower area near the ground).

His occupation is not high but should be available throughout the day (it is widely used but very short times) which in terms of consumption for heating and cooling implies a high level and almost all rooms.



Graphic 3.11 Annual temperature inside the stairway area 1, corridor 1, hall 1.



They are the connection between hot and cold areas. Their interior temperatures are similar to those of the cold floor areas in winter but some degree increases, because the hot transmitted by south stays. A level of consumption would be important to increase the temperature in cold weather since along with the toilet 1 and storage are areas where active systems should be kept in use throughout the day.

## Hall 2

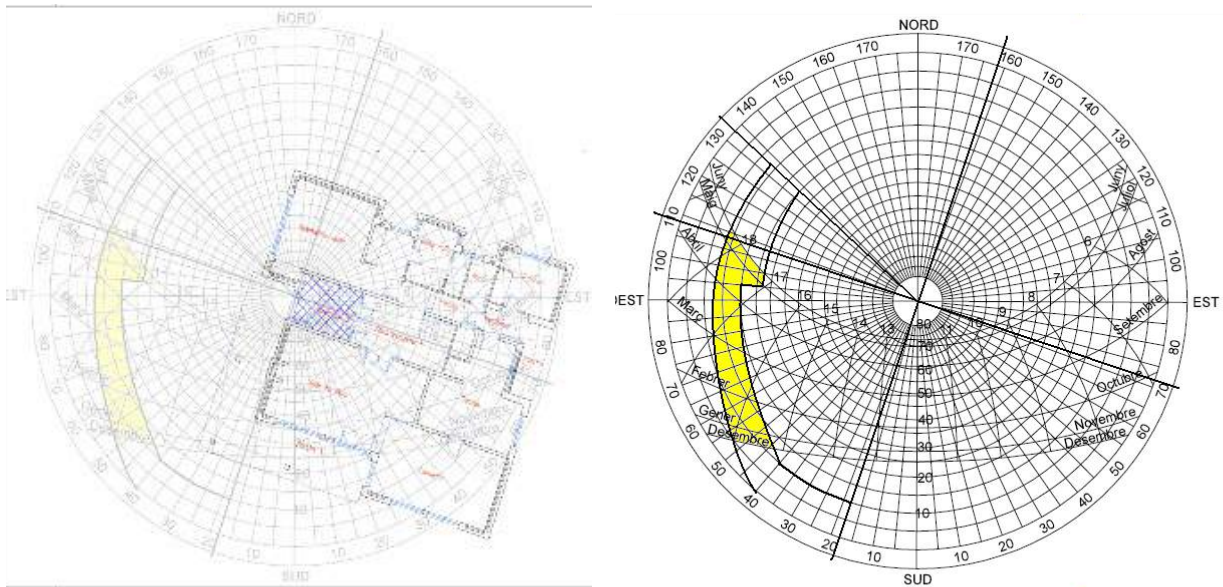
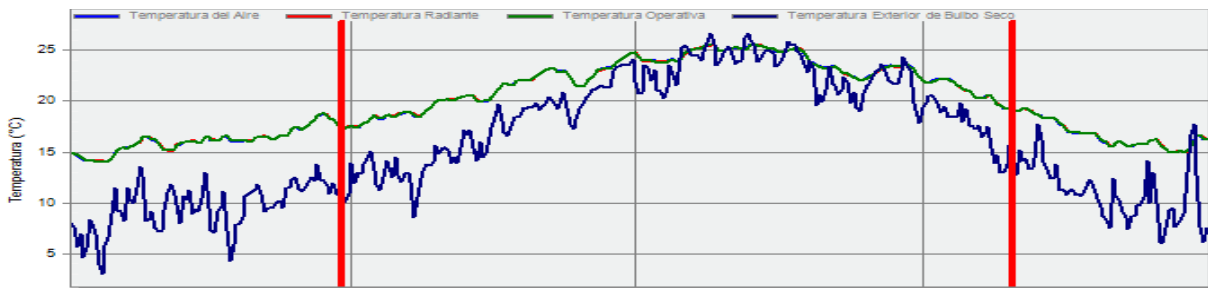


Figura 3.19 Stereographic of the hall 2 window.

Oriented use of afternoons, sun blinds porch not act efficiently to hide the window in winter and secondly plot west wall is very close and subtracts more sun, which ultimately makes is reduced much time on this stay is capturing solar radiation.



Graphic 3.12 Annual temperature inside the hall 2.

Their results repeat the comments to the previous being the connection between hot and cold zones and have the same usage profile area, though, to have small heat gains, the annual internal temperature rises a few tenths.

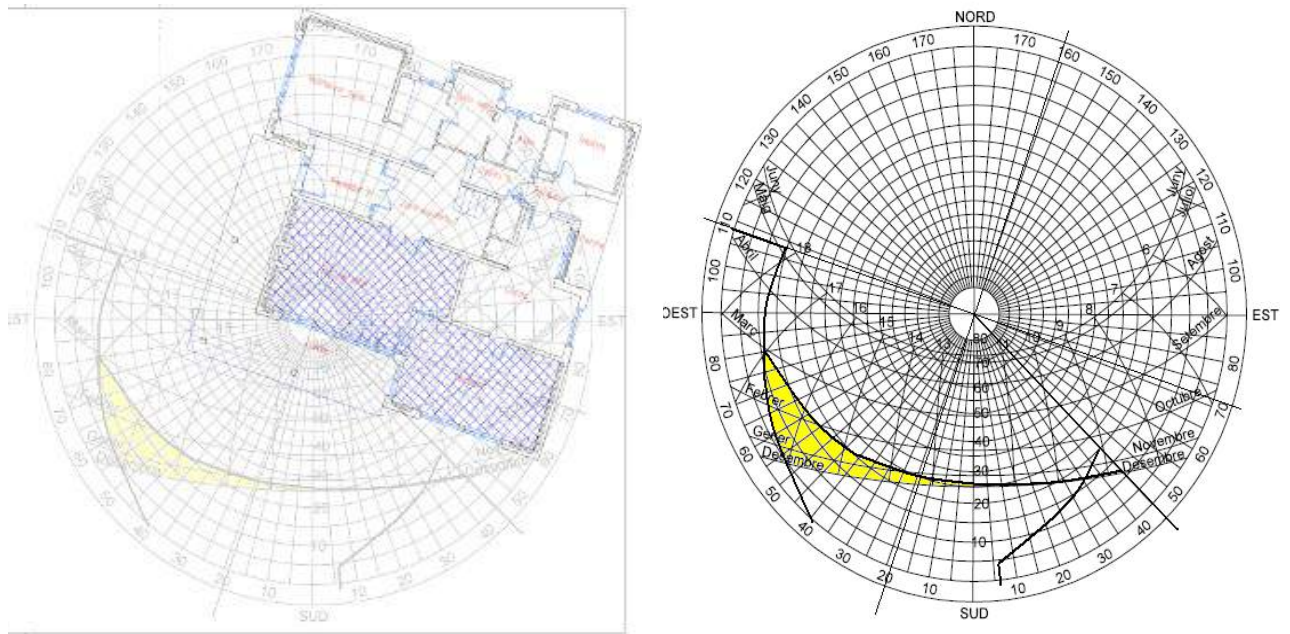
Living room – dining room

Figure 3.20 Stereographic of the living room southwest window 1.

The wall bordering land west again slightly reduce sun hours late. The porch shades almost throughout the year at this point and what it does is greatly reduce the pickup surface at the best orientation of the building, it is not logical to place large windows on the south and miss your options (obviously must be protected in summer, but controlling no shade in winter). Indirectly this is a problem for the rest of northern stays as it will not transmit heat, being the living room the main source of heat gains from solar radiation. Porch completely disables the capture radiation at the top of the window (the stereographic is drawn to 1.65 m in height, in the bottom surfaces of window will capture more radiation although it will protect against less).

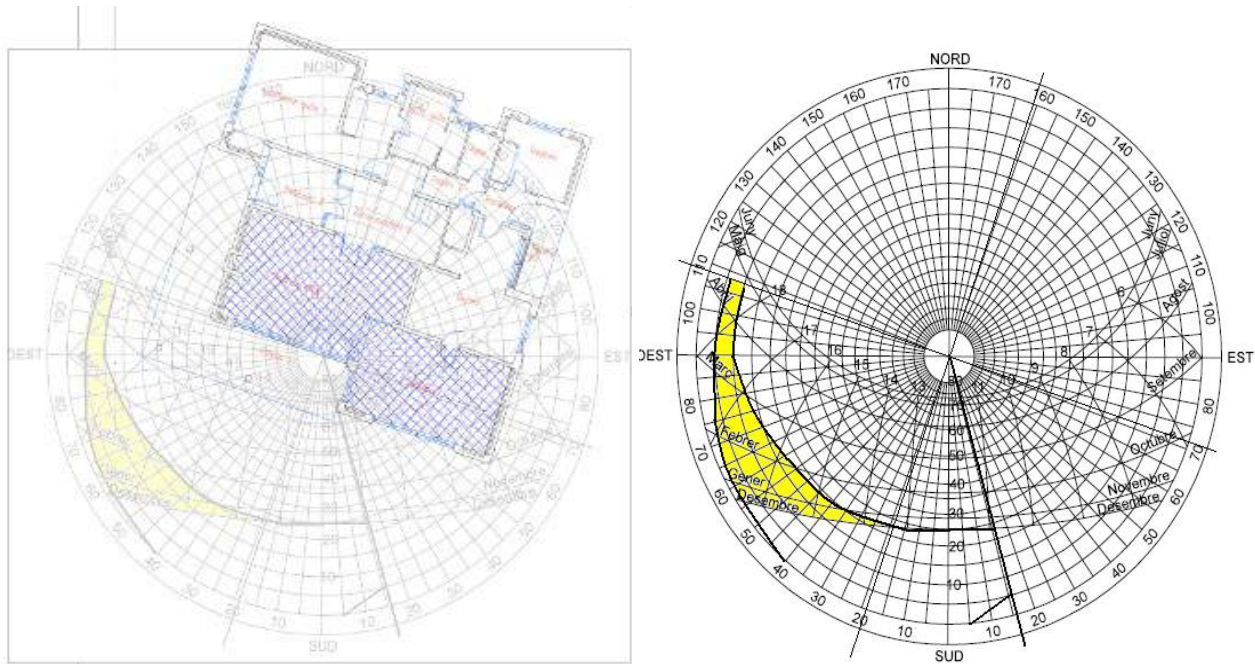


Figure 3.21 Stereographic of the sliving room southwest window 2.

Same as above, except higher creating shadows from the dining area and lower part of the wall that borders the west plot.

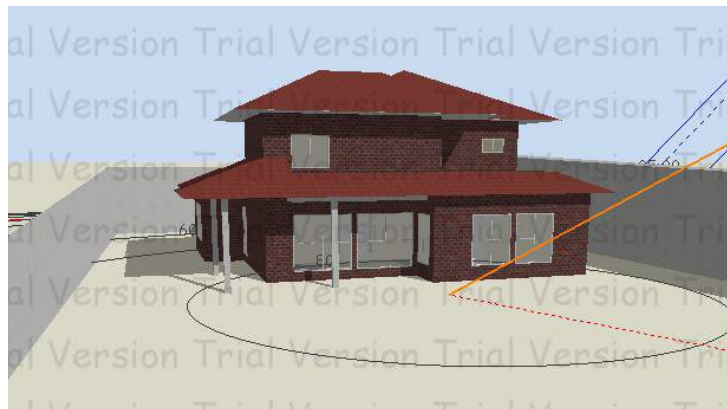


Figure 3.22 Shadows southwest facade 21/12 to half day (winter solstice)

In the winter solstice at noon the porch should not overshadow all the windows of the living room and here you can see how about a third of the window surface unusable to capture solar radiation.



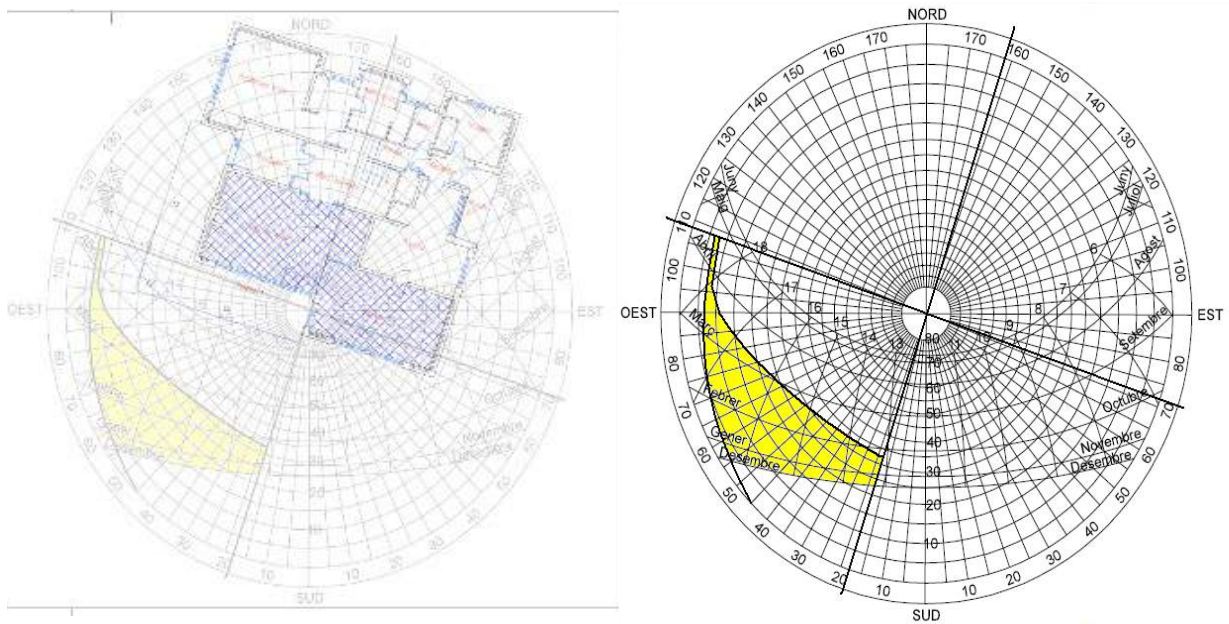


Figure 3.23 Stereographic of the dining room northwest window.

The porch is creating lots of shade, protects properly because hardly enters summer and winter radiation does not hinder that radiation. The orientation is perhaps somewhat late to capture heat at lunchtime, ie begin to capture radiation when it is in use the dining room as shown in the next window, this room has a magnificent southwest façade that could maintain high the temperature in winter until dinner.

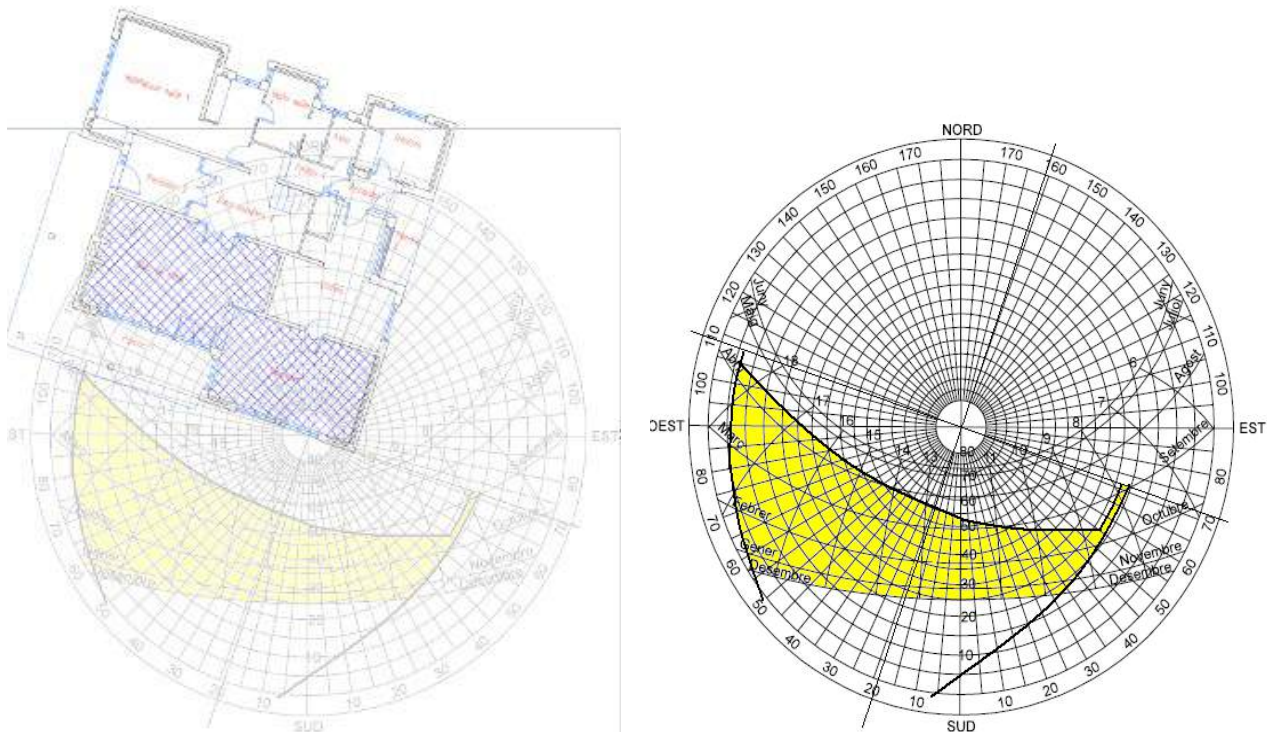
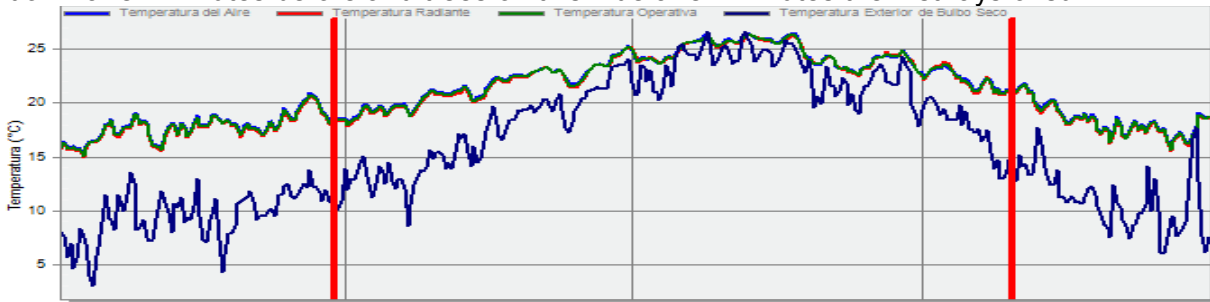


Figure 3.24 Stereographic of the dining room southwest window.

Trees do not help this window shading a couple of hours of cold periods and the west wall causes the sun to set before all year if only for a few minutes. The cantilevered deck acts as sunscreen in summer (it is true that operates properly at this point, but these windows are

large and at the bottom will not prevent overheating in summer).

The other southeast dining room window is the same, the west wall will make the sun go down a few minutes before and trees on this hide a few minutes the first rays of sun.



Graphic 3.13 Annual temperature inside the living room – dining room.

Overall gets high temperatures, achieves a thermal comfort at some points winter (especially in the afternoon) and held there for much of the spring and fall. Yet they are missing sunlight when the indoor temperature is below 21 degrees (in the area of the porch of the living room, which is shaded in excess as discussed in global resultados).

In warm season is not able to reduce the temperature outside, still its main problem is in winter as it is away more from the comfort temperature.

### Kitchen

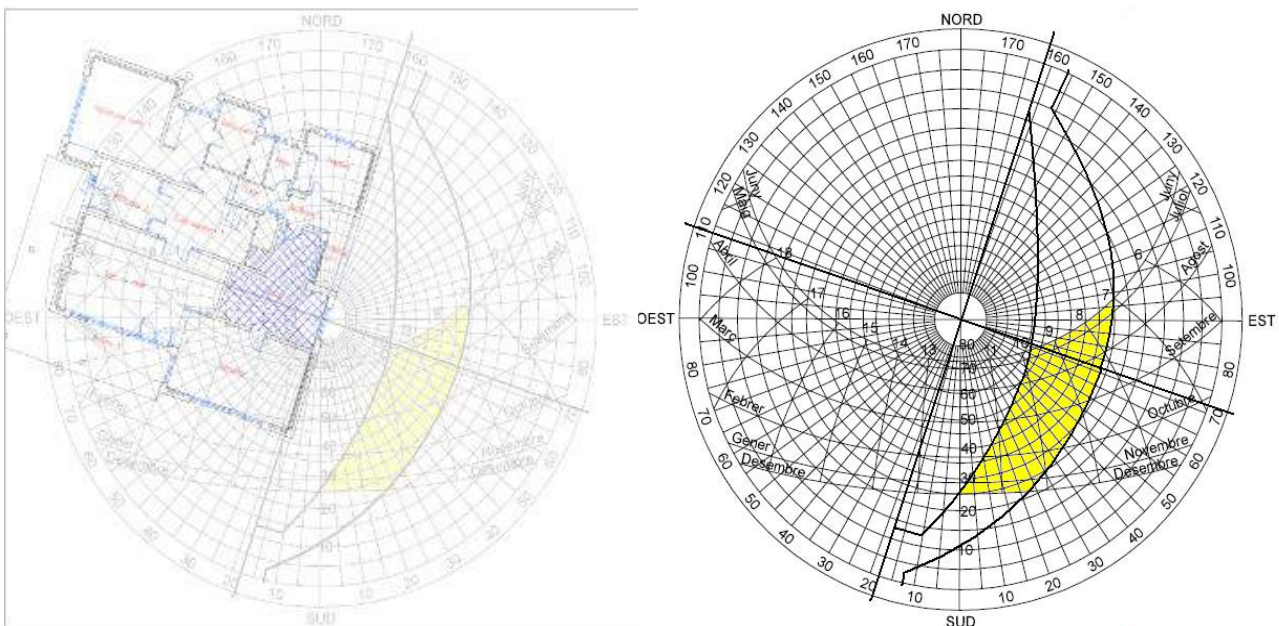


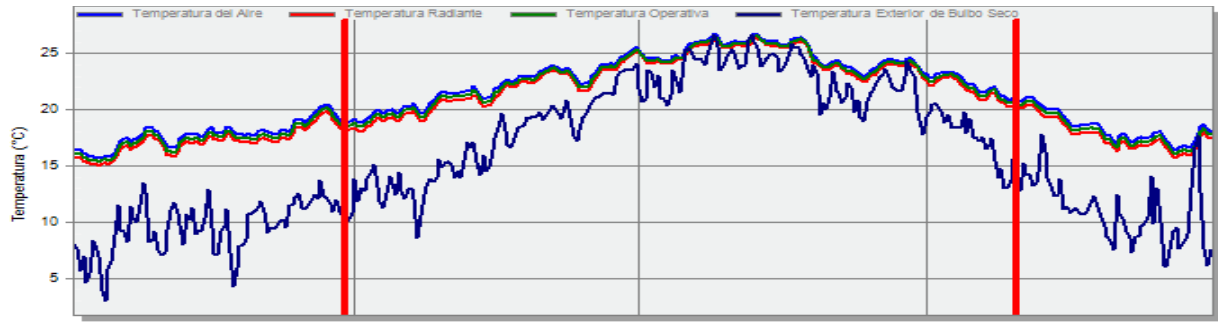
Figure 3.25 Stereographic of the kitchen southeast window.

Its guidance on east is the ideal for the kitchen as their most important use is breakfast, which is cooked and eaten. At noon and evening use is exclusive to cook and has a schedule of reduced use. Trees reduce the positive effects of the sun in the morning while the roof overhang protects certain times of summer and winter hurts.

Thus, low radiation collecting surface and not properly protected, good orientation is not exploited.

The window on the front porch to hall 1 is fully protected, therefore only will air (practically not even capture natural light).





Graphic 3.14 Annual temperature inside the kitchen.

Similar to the living room – dining room, the temperatures found inside the kitchen are high though less oscillations (not being so exposed to the sun). The graph lines rise in temperature inside painted on the stereographic and will drop at night time.

### Double room 1

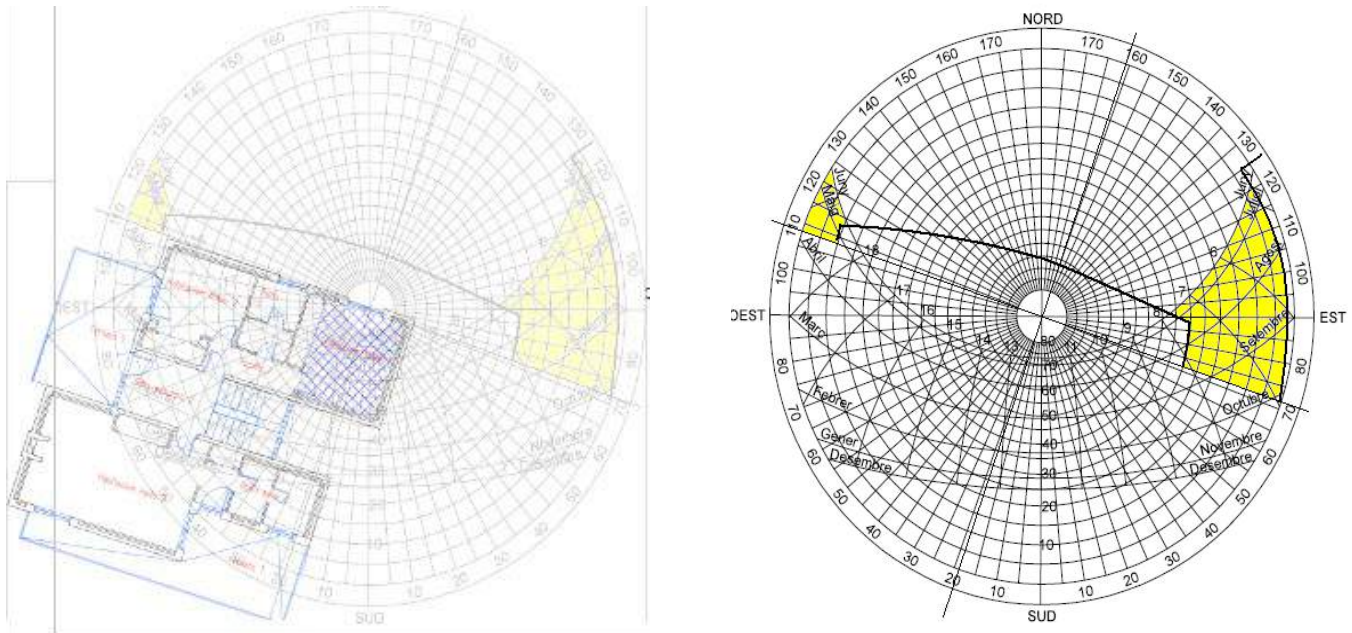
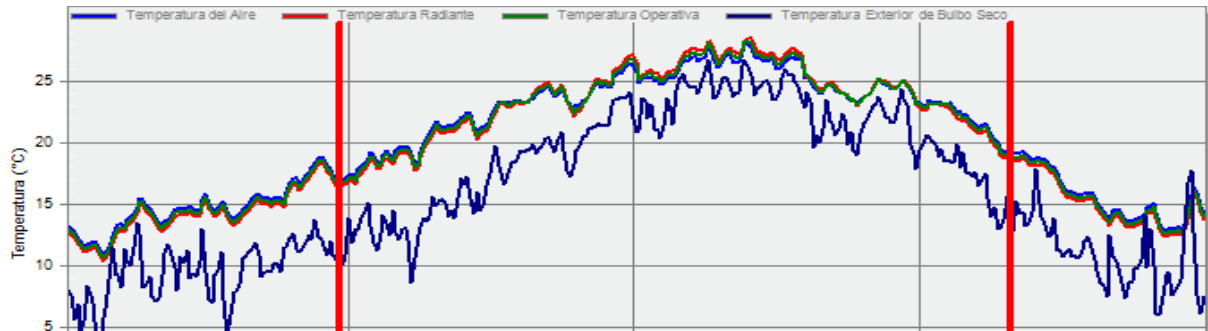


Figure 3.26 Stereographic of the double room 1 window.

North window only receives sunlight during hot periods and where roof overhang acts rather little sun protection. Any other orientation window would be better than this, plus rooms have high occupancy and should present better conditions. Having east and south facades should be exploited to increase indoor temperatures in winter.



Graphic 3.15 Annual temperature inside the double room 1.

Regarding stays downstairs, very inferior results are obtained in winter and higher in summer, following the days when you are in a state of comfort decreases. Added to this, if only radiation also contributes in summer, the problem is accentuated.

### Bathroom

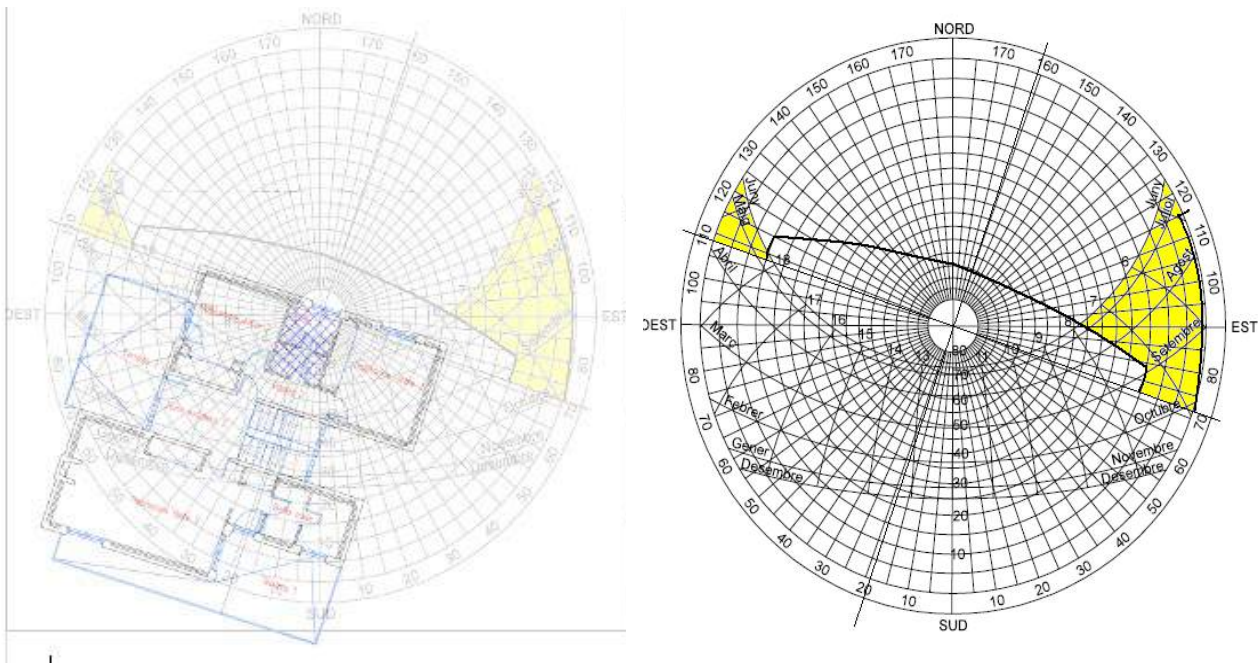
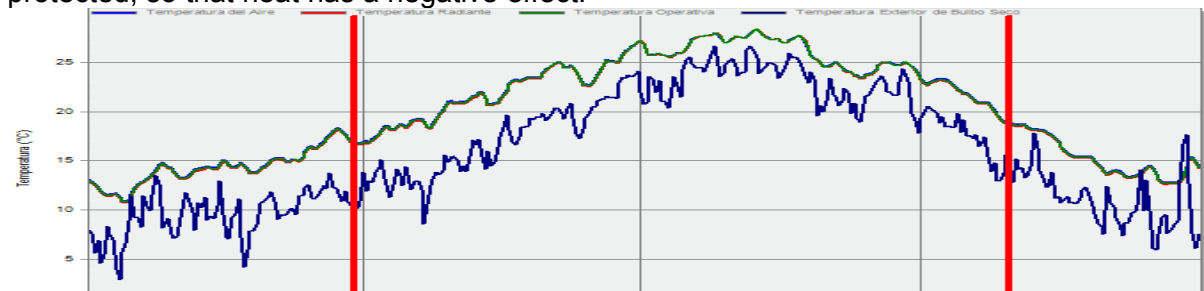
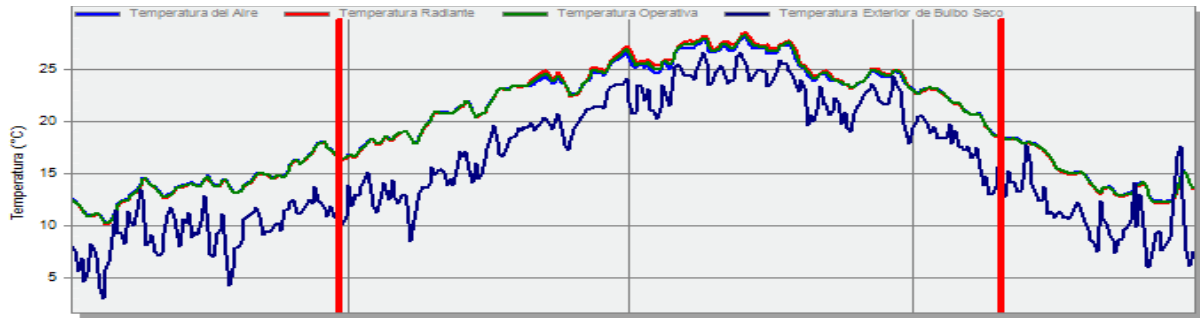


Figure 3.27 Stereographic of the bathroom window.

Works as it did the double room 1. By its orientation, its functionality is reduced to provide light and ventilation but creates problems of overheating in summer not being properly protected, so that heat has a negative effect.



Graphic 3.16 Annual temperature inside the bathroom, zone A (compartment without window).



Graphic 3.17 Annual temperature inside the bathroom, zone B (compartment with window).

Identical to the previous graphic slightly cooler due to a smaller contact surface with the outside is obtained. Temperatures are logical considering that this is one of the worst areas of the building, by contrast, is better placed here the bath room.

### Double room 2

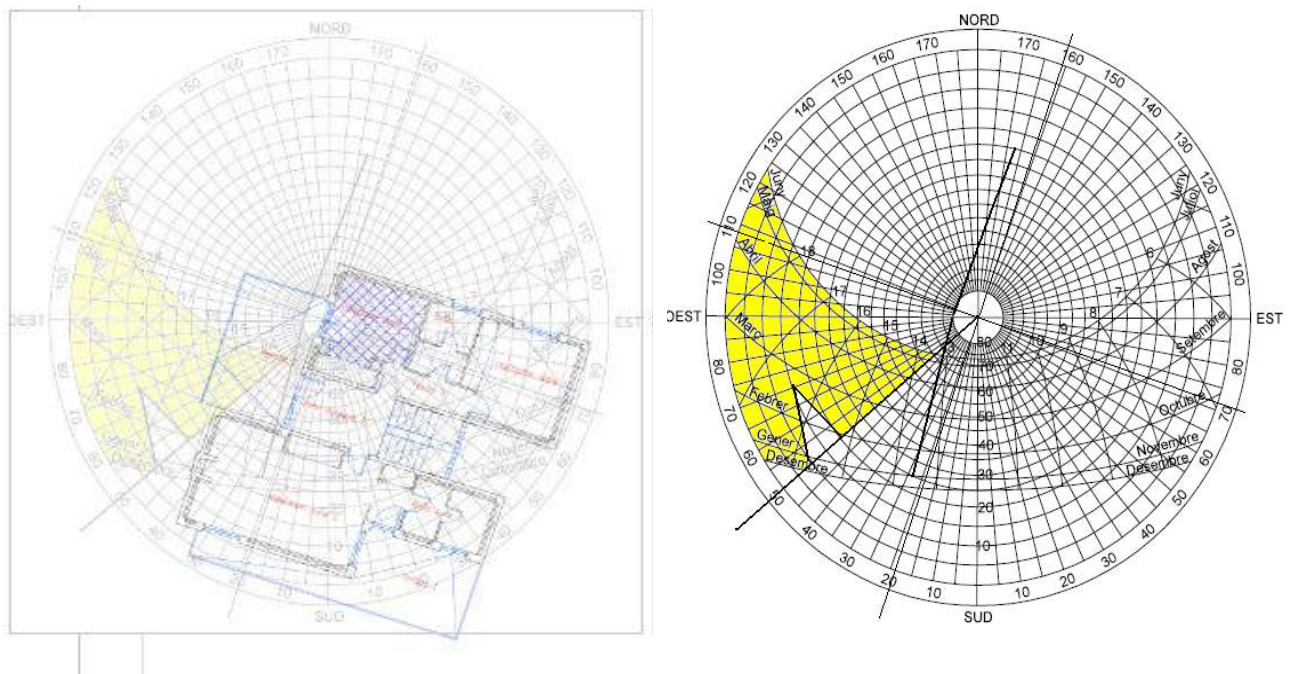
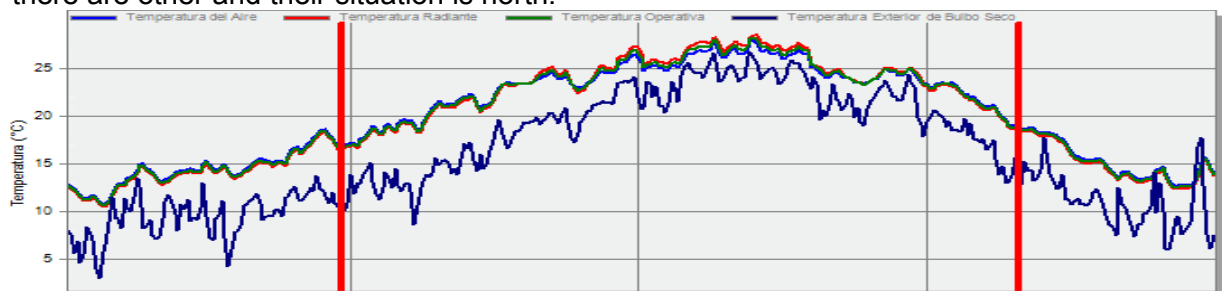


Figure 3.28 Stereographic of the double room 2 window.

Oriented to receive heat in the afternoon, basically succeeds in summer because the roof overhang is very short and fails to protect the window. Its advantages in winter are drastically reduced because of room suite 2.

Ultimately the design of this window and set the room is far from the optimum line is, since there are other and their situation is north.



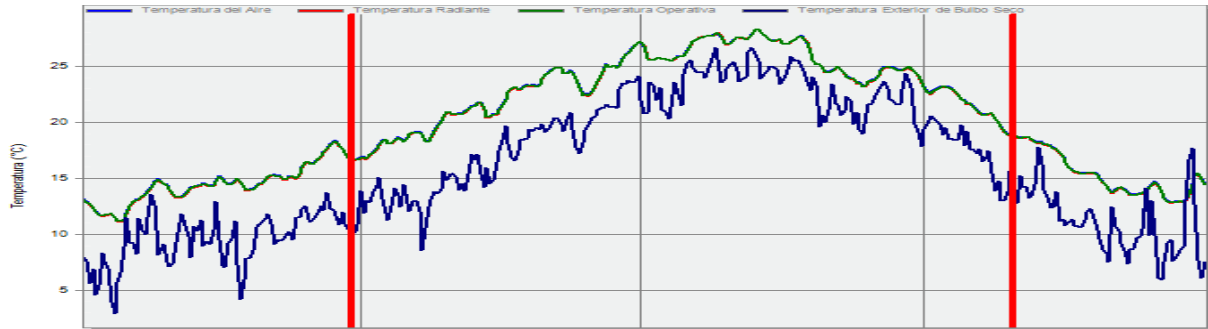
Graphic 3.18 Annual temperature inside of the double room 2.



Consumption of this room will be very high, in winter not receive radiation and is in a very cold area while in summer heat gains obtained afternoon which increase the inside temperature until evening when it should be between 21 and 25 °C.

### Corridor 2

Without facades and therefore without windows.



Graphic 3.19 Annual temperature inside of the corridor 2.

As fully inside and located between middle and stay cold, generates temperatures very close to a cold area upstairs. In winter has no chance to reach the comfort temperature in summer is unable to cool.

### Stairway zone 2

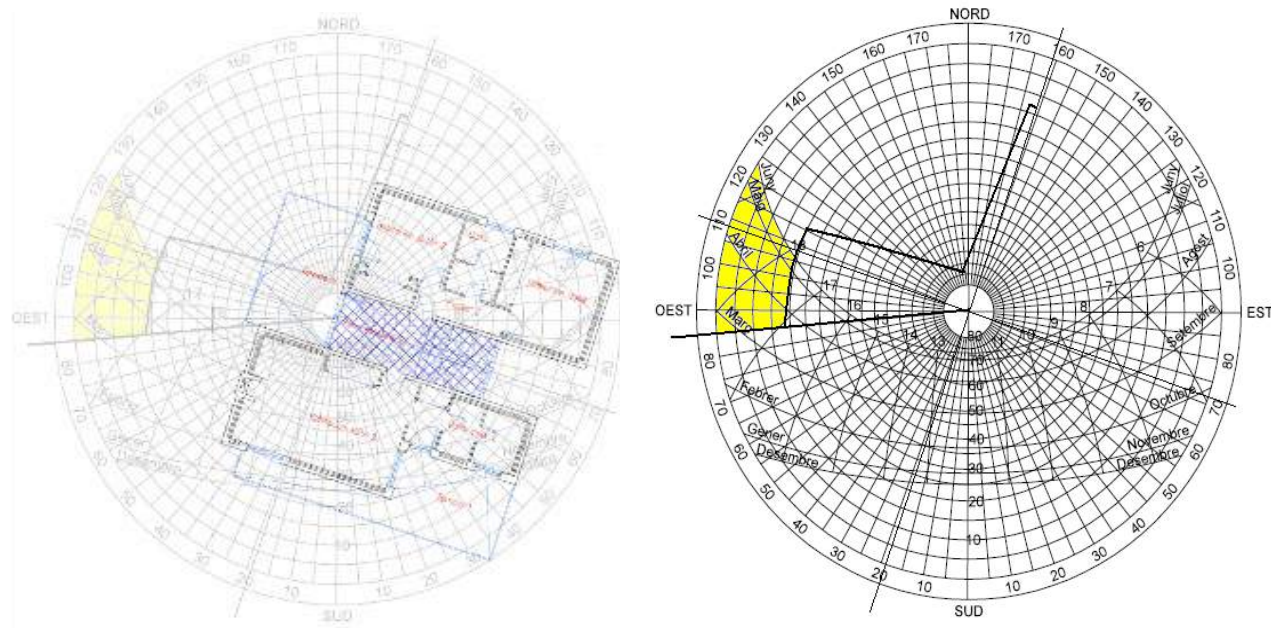


Figura 3.29 Stereographic of the stairway zone 2 northwest window.

A window should be protected because its function is to light and ventilate the room. Thermically, increases consumption by refrigeration late in the afternoon in summer.

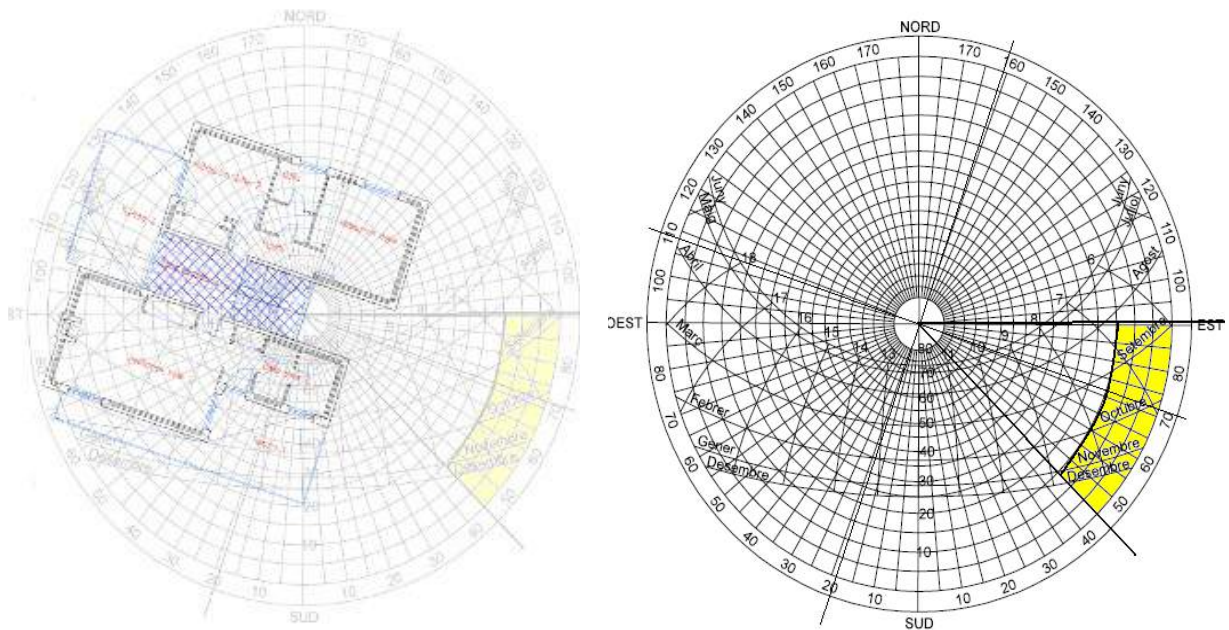
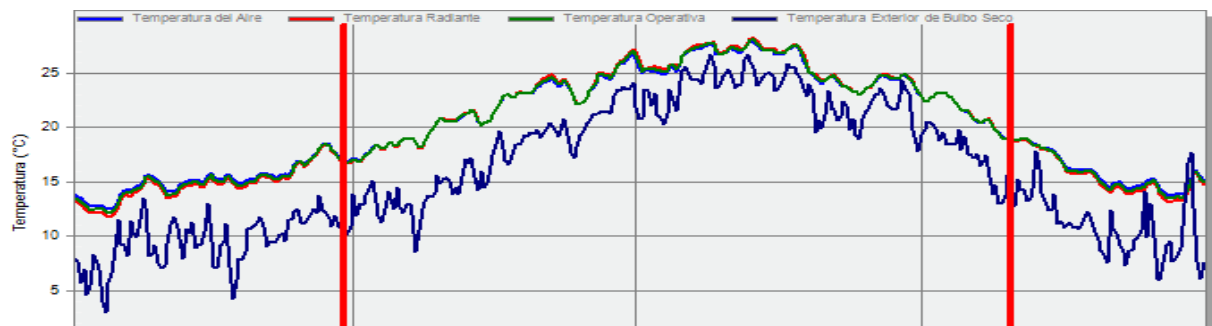


Figure 3.30 Stereographic of the stairway zone 2 southeast window.

In this case the height of the point where it has drawn the stereographic is 2m (midpoint of this window).

Although its function is primarily light, heat acts favorably thanks to the protection of the cantilever roof that extends to the southeast facade bedroom suite 1. Solar radiation that captures belongs to the early hours of the months where the lowest temperatures are obtained.

Its height of 0.50m could be increased by considering thermally beneficial and length across the front could be cut in the next points to south because in that area the stereographic show only the summer sun.



Graphic 3.20 Annual temperature inside the stairway zone 2.

Very similar to the corridor 2, the slight increase of indoor temperatures in winter due mostly to heat that gives room suite 2.



### Suite room 2

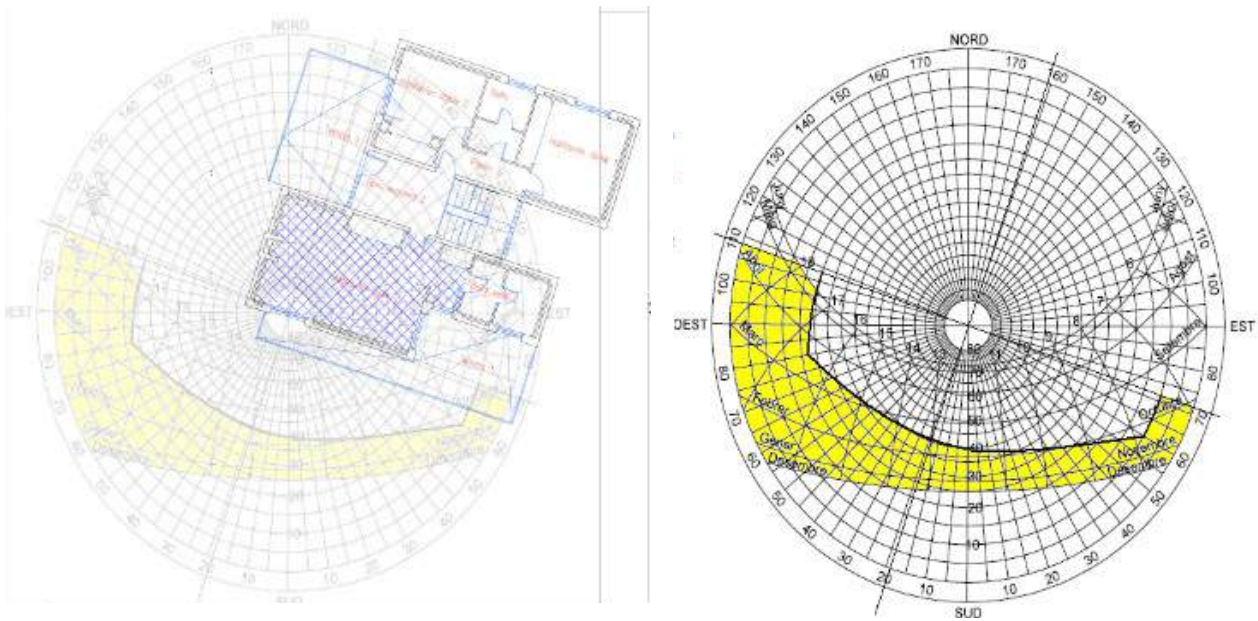


Figure 3.31 Stereographic of the suite room 2 southwest window 1.

A magnificent window that contains all the possible solar radiation in winter and where the cantilever deck has the perfect length to protect the summer. Not good if your surface is enlarged saw along the facade.

Suite room 2 is privileged to have the best area of ground floor but not being exploited enough and as a result the average temperature is very cold ground floor.

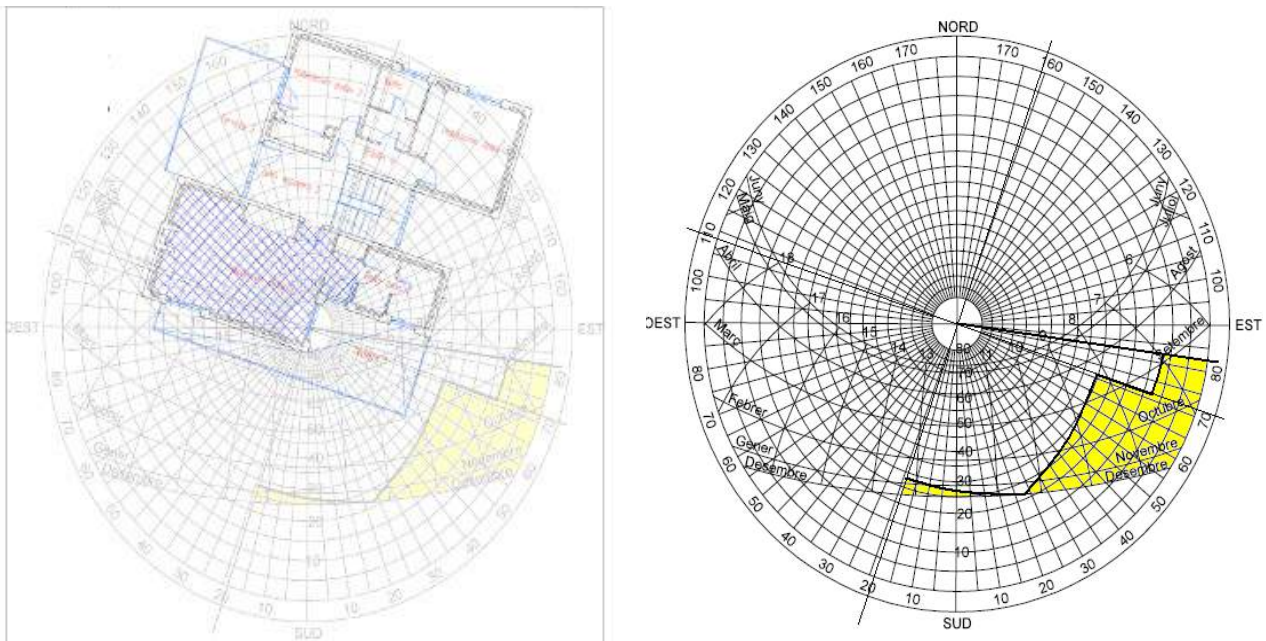


Figure 3.32 Stereographic of the suite room 2 southeast window.

Is positioned to capture the face in the morning sunlight. Its protection covers perfectly in summer but so does half the time in winter.

Its nighttime use makes this guidance window is not the best, it would be desirable to maximize the heat gains in the afternoon.

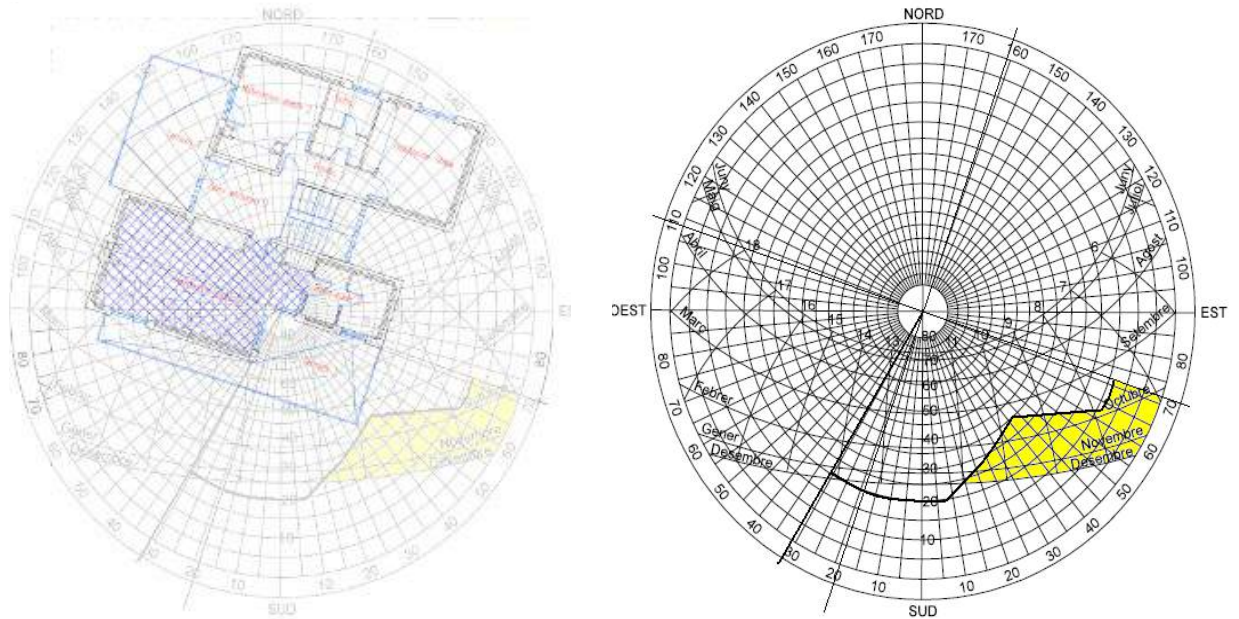
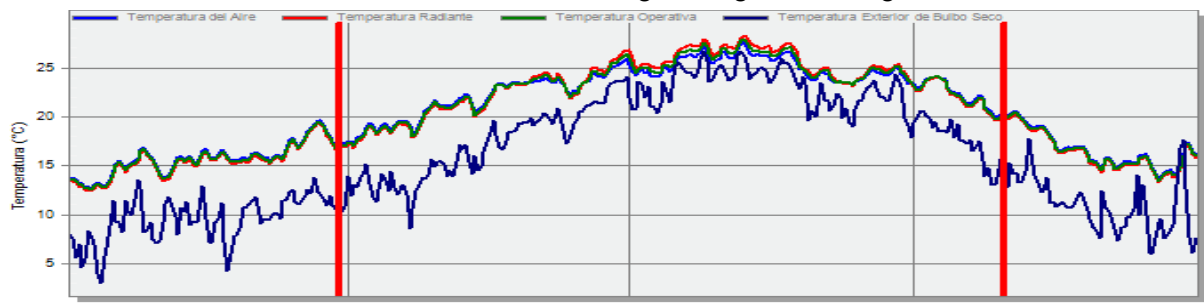


Figure 3.33 Stereographic of the suite room 2 southwest window 2.

As a southern window is well protected in the warmer months but between the roof overhang and shape of the facade, a large percentage of potential to capture radiation in winter is lost. Besides the hours where the radiation is attracting belong to mornings.



Graphic 3.21 Annual temperature inside the suite room 2.

In summer temperatures not as high as in other rooms of ground floor despite being in the south as the windows are well protected from the sun reach, but in winter not reached the desired temperature, among other things, to the surface windows so small.



### Suite bathroom 2

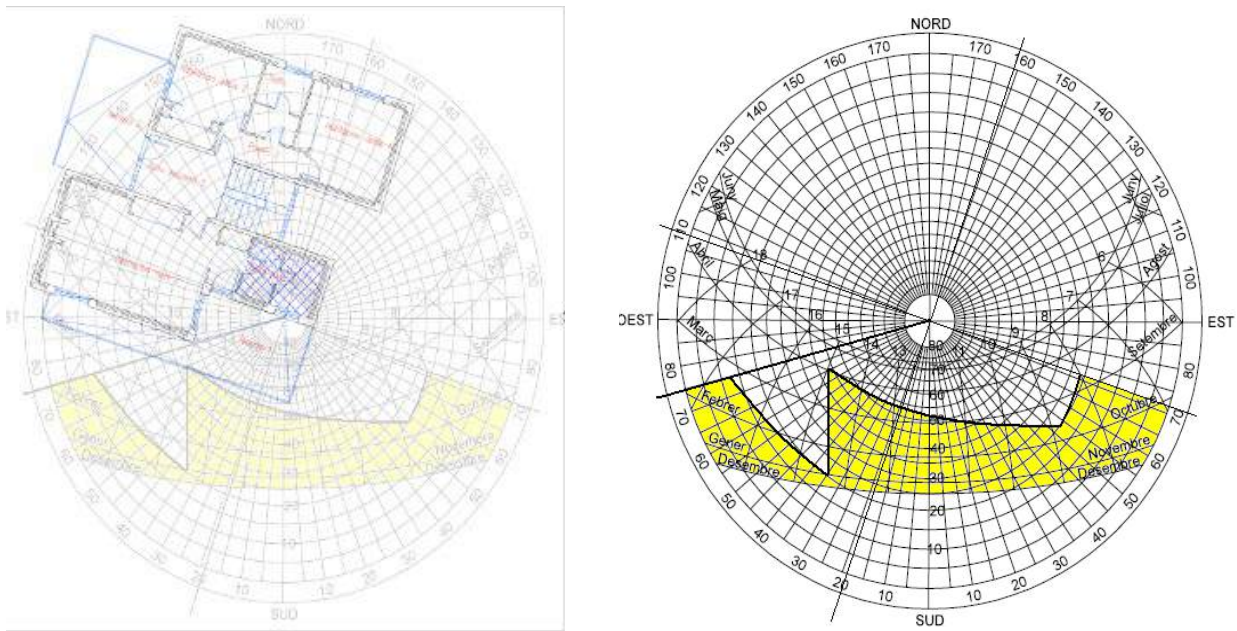
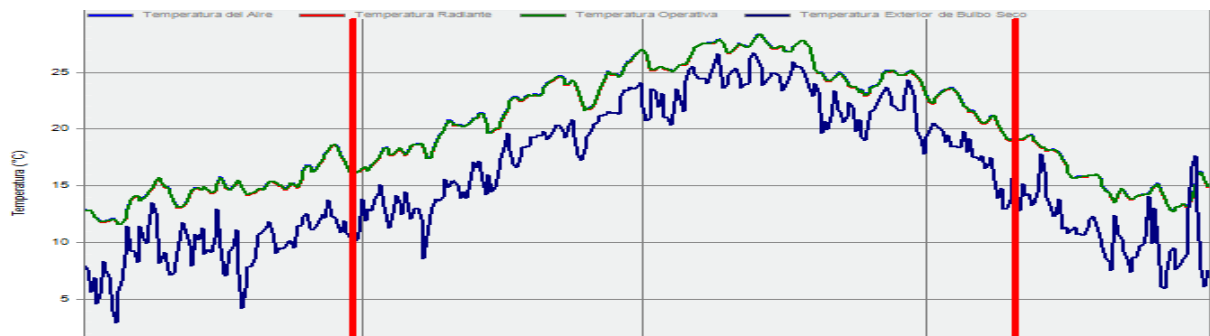


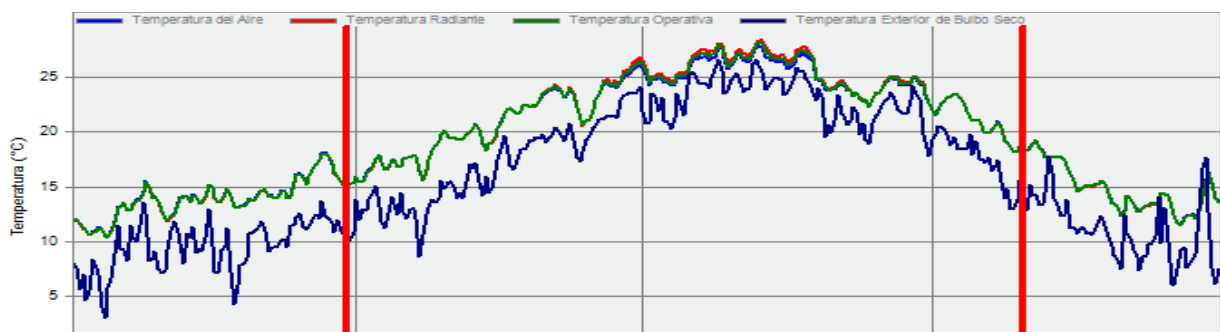
Figure 3.34 Stereographic of the suite bathroom 2 window.

The protections are effective in summer but the suite room 2 roof overhang interrupts the sun in some favorable points in late winter schedule.

This facade does not exploit his role as a possible source of heat gains in winter as first point is given priority to a bathroom instead of to another room (which have a much higher level of occupancy) and secondly, the surface of this window is too small relative to the facade.



Graphic 3.22 Annual temperature inside the suite bathroom 2, zone A (compartment without window).



Graphic 3.23 Annual temperature inside the suite bathroom 2, zone B (compartment with window).



In summer the bathroom is hot, is in an area with heavy impact from sun rays and also such a small window facing south and no favors ventilation. In winter the results are better than in the north of ground floor areas (south facing) but two aspects which together limit the improvement of temperatures from the outside in addition, one (summer) is much have surface in contact with the outside and the other (winter) is to have a low window area.

### 3.2.2.1.2 ANÁLISIS A NIVEL DE EDIFICIO

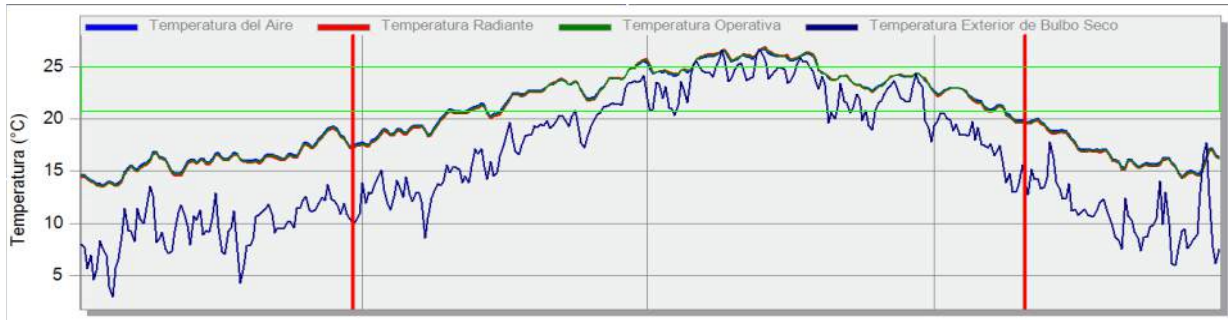
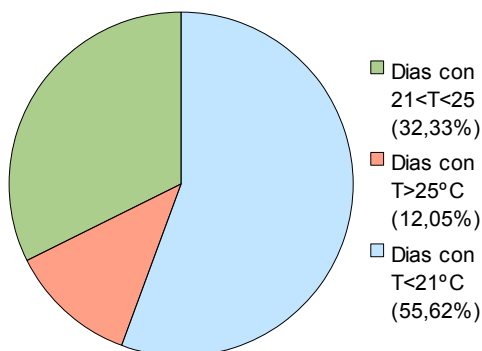


Gráfico 3.24 Temperatura operativa anual del edificio (°C).

El gráfico de la temperatura interior del edificio resume lo ya visto en cada estancia. Dibujando la franja de temperatura de confort (líneas en verde entre 21 y 25°C) se hace más visual la prioridad de ganar calor en invierno frente a la de expulsarla en verano.



El gráfico situado a la izquierda muestra la temperatura operativa en el interior del edificio con una  $T$  máxima de 26,76°C y una  $T$  mínima de 13,55°C. El estado de confort se alcanza entre los 21 y 25°C en un 32,33% de los días del año.

Durante el resto será necesario un consumo por sistemas activos siempre que haya ocupación. Esta unifamiliar presenta sobrecalentamiento en gran parte del verano (44 días), pero el principal problema a solventar será sin duda en invierno al quedarnos en temperaturas más lejanas al confort térmico y en un número mayor de días.

Gráfico 3.25 Días del año clasificados según la temperatura operativa ( $T$ ).

Sur	Oeste	Norte	Este
19,58	15,97	7,11	6,27

Tabla 3.3 Superficie de ventanas proyecto original ( $m^2$  sin descontar marcos).

A causa de la vegetación situada al este y al uso principal de la vivienda por las tardes, es de destacar la superficie de ventanas en este, inferior a la norte, siendo la cocina la única estancia que quiere aprovechar, a medias, esa orientación.

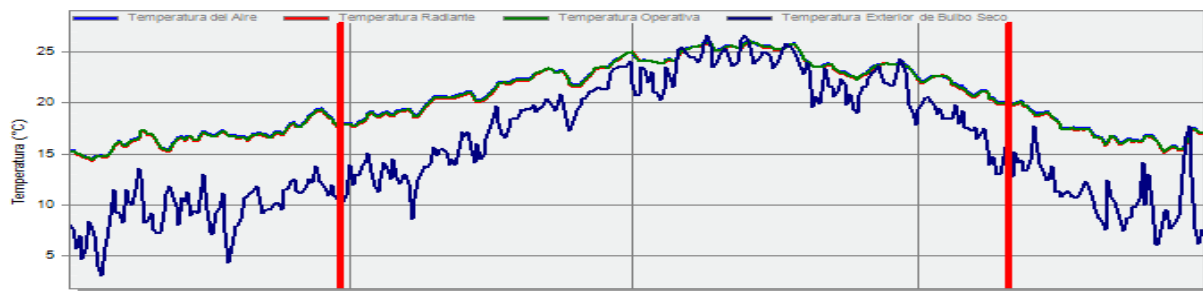


Gráfico 3.26 Temperatura interior anual en planta baja.

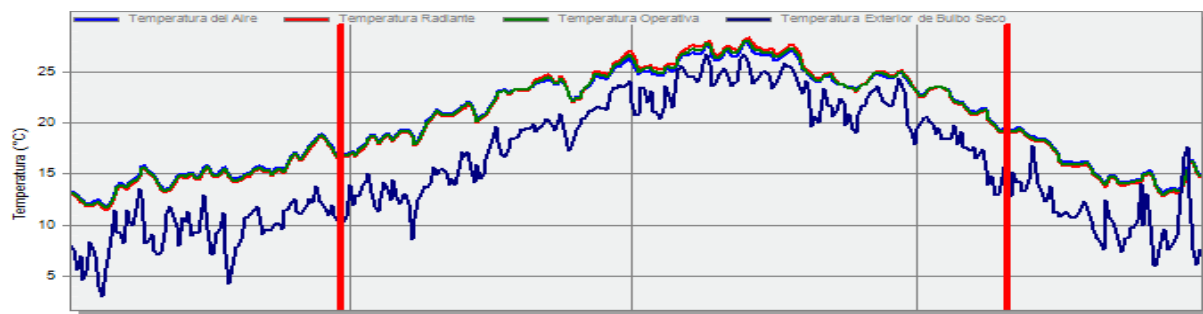


Gráfico 3.27 Temperatura interior anual en planta piso.

La diferencia de temperaturas de planta baja respecto a planta piso se debe en gran medida a que planta baja está en contacto con el terreno y éste tiene una gran inercia térmica, de modo que en invierno le cede calor y en verano la absorbe. Además la cubierta en verano siempre va a ceder más calor a planta piso que la que le cede planta piso a planta baja. Además la superficie de ventanas orientadas a sur, 15,52 m<sup>2</sup> de planta baja por solo 4,06 m<sup>2</sup> de planta piso, hace que planta baja tenga más opciones de hacer entrar calor al interior. Planta piso, debería aumentar su superficie de ventanas en sur para alcanzar una temperatura más óptima en todas sus estancias.

En resumen, los resultados del análisis térmico en invierno son positivos actualmente ya que se obtiene una temperatura interior que supera a la exterior en una media de 5-10°C, aunque esos resultados son mejorables e insuficientes ya que no se consigue alcanzar la temperatura deseada que serían 21°C en este caso.

En verano el edificio ya no actúa de manera favorable ya que no es capaz de refrigerar el interior y se ve dominado por sus ganancias térmicas. Existe un sobrecalentamiento debido a la ganancia media por radiación solar en verano, lo cual es ocasionado por el mal juego de sombras llevado a cabo por el edificio y por una falta de protección solar en determinados puntos.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	11638.59	33.15	58.47
Net Site Energy	11638.59	33.15	58.47
Total Source Energy	25961.65	73.94	130.42
Net Source Energy	25961.65	73.94	130.42

Tabla 3.4 Consumo anual del proyecto original.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	5347.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1040.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	787.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2097.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1148.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	636.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	40.25	0.00	0.00	0.00	0.00	13.75
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	540.20	8.46
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5750.88	5347.51	0.00	0.00	540.20	22.20

*Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.*

Tabla 3.5 Consumo anual del proyecto original, por usos

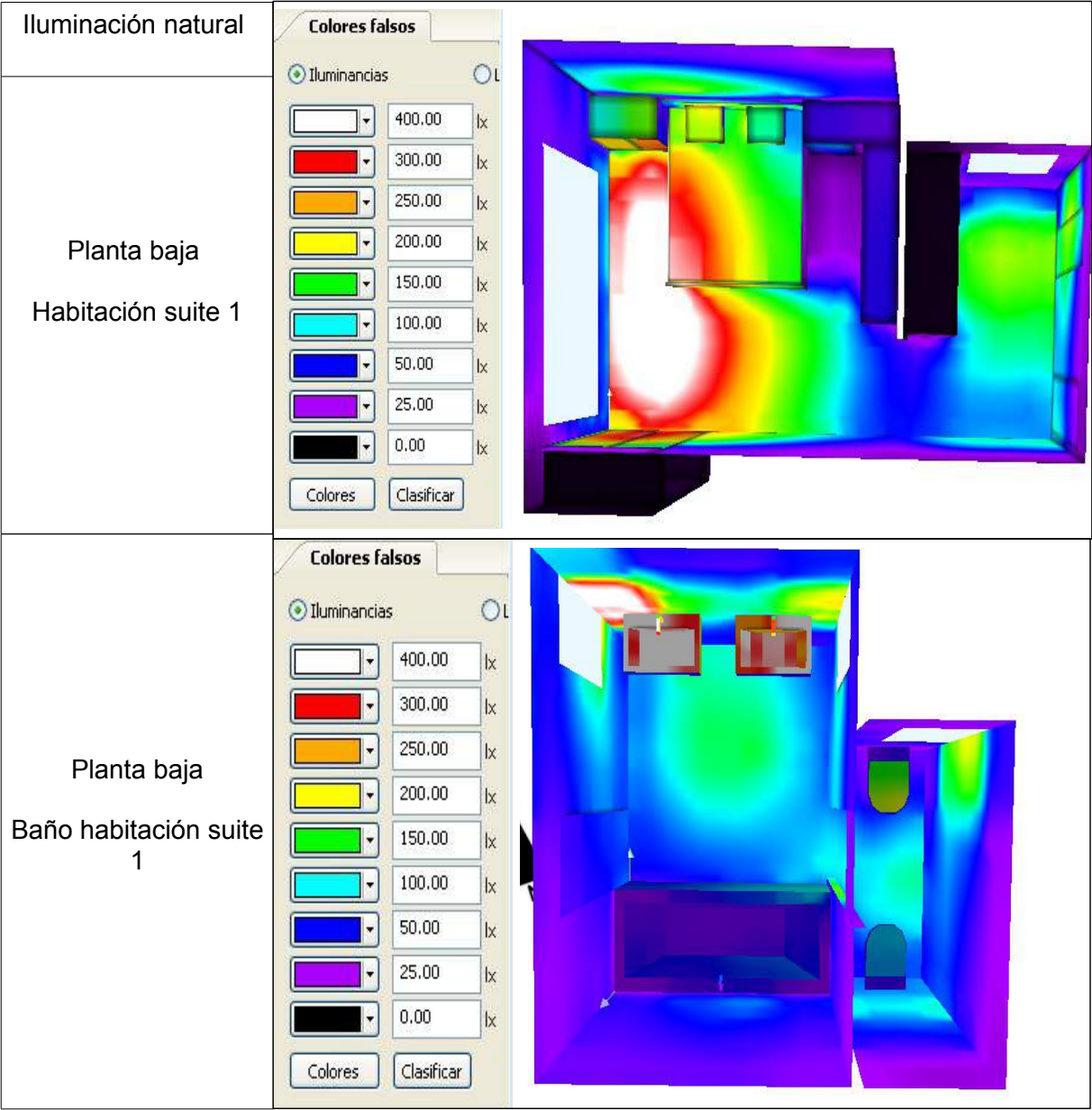
Teniendo en cuenta los consumos obtenidos activando ACS, refrigeración y calefacción, se observan los resultados de los consumos anuales, siendo 5347,51 kWh de calefacción y 1040,57 kWh de refrigeración (más 1148,59 kWh por ventiladores y 636,58 kWh por bombas). Esto confirma que el principal problema en cuanto a demanda energética se debe a que la vivienda no llega a los 21°C en épocas frías y por este motivo los usuarios necesitan el uso de sistemas activos. Es ahí, aumentando la temperatura media en invierno, donde se podrá conseguir el máximo descenso en la demanda energética y por tanto en las propuestas de mejora se priorizará en reducir la demanda de calefacción.

2.2.2.2 ANÁLISIS LUMÍNICO

Ya que el objetivo es reducir la demanda energética mediante sistemas pasivos, habrá que estudiar los niveles de iluminación natural y aumentarlos cuando se pueda, en las zonas donde sea necesario, de modo que se reduzca la necesidad de utilizar iluminación artificial. Igual que en el resto de sistemas activos, no se harán cambios en los sistemas de iluminación artificial.

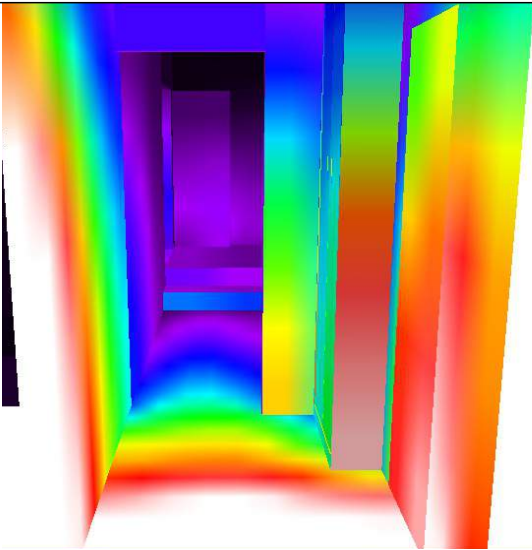
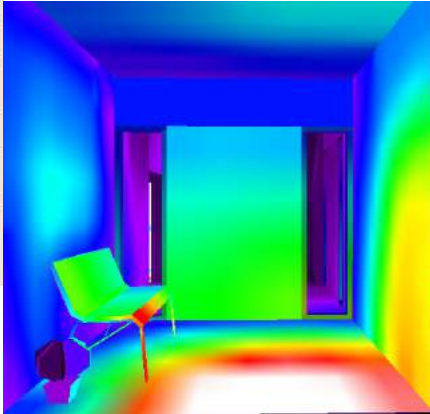
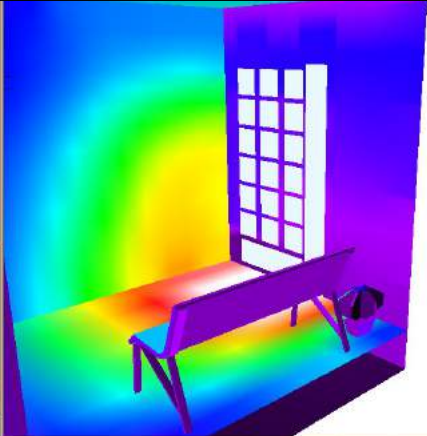
Se definirá en Dialux la iluminación artificial suficiente para mantener los niveles mínimos de iluminación requeridos por cada zona para encontrar el VEEI (ya que no se pudieron conseguir los planos de instalaciones). Únicamente se tendrá en cuenta la iluminación artificial para comparar los consumos mediante DesignBuilder, donde se introducirá el VEEI de cada zona y los niveles de iluminación que se deben mantener según su horario de uso.

El nivel de iluminación natural obtenido por el edificio se muestra en las siguientes imágenes mediante los colores falsos del programa Dialux, suponiendo como caso desfavorable el día 21/12 (solsticio de invierno), día cubierto y las 14:00 del mediodía (hora diurna de máxima ocupación). La leyenda se encuentra a la izquierda de cada imagen.

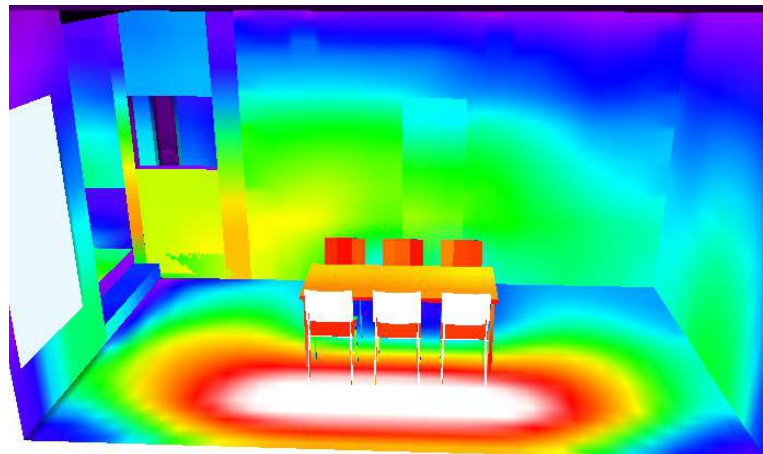
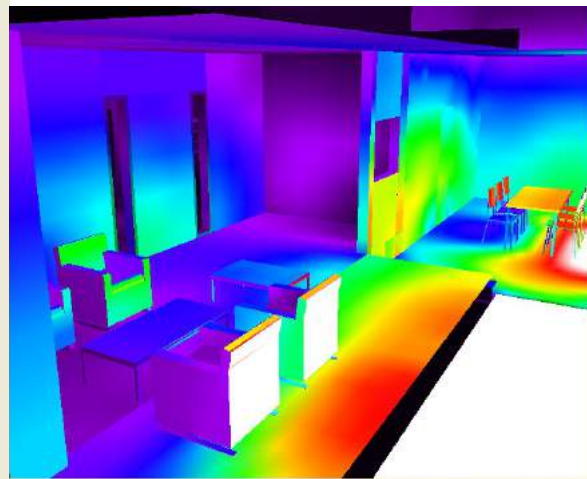
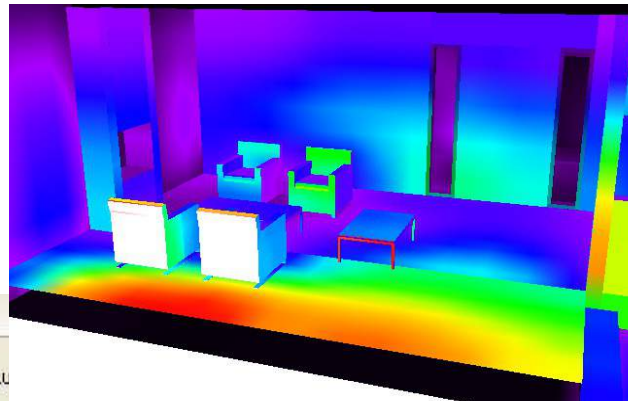
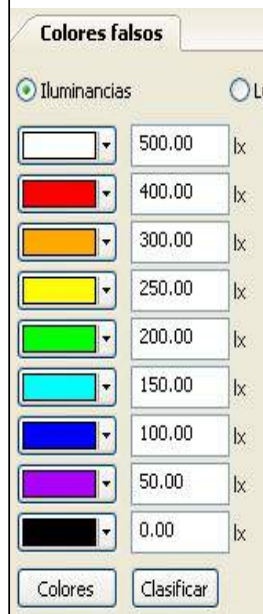


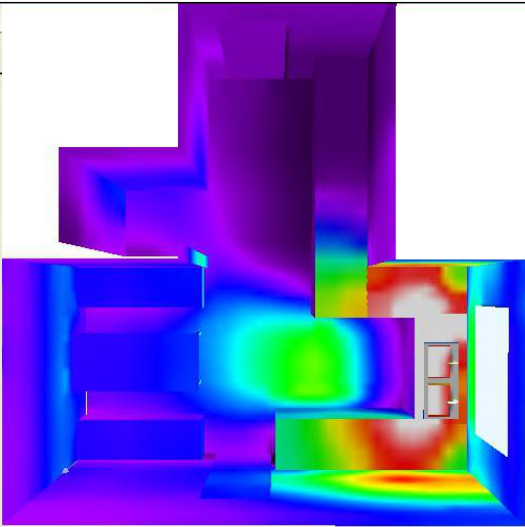
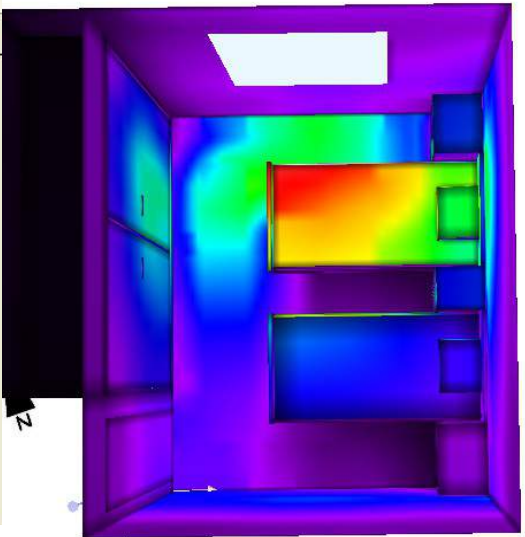
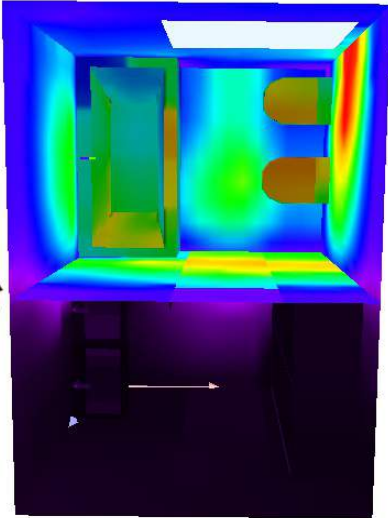
<div>Planta baja</div> <div>Aseo</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div><div><div></div></div></div><div>Iluminancias</div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div> <div></div>
<div>Planta baja</div> <div>Trastero</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div><div><div></div></div></div><div>Iluminancias</div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>20.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div> <div></div>
<div>Planta baja</div> <div>Zona de escalera 1</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div><div><div></div></div></div><div>Iluminancias</div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div> <div></div>



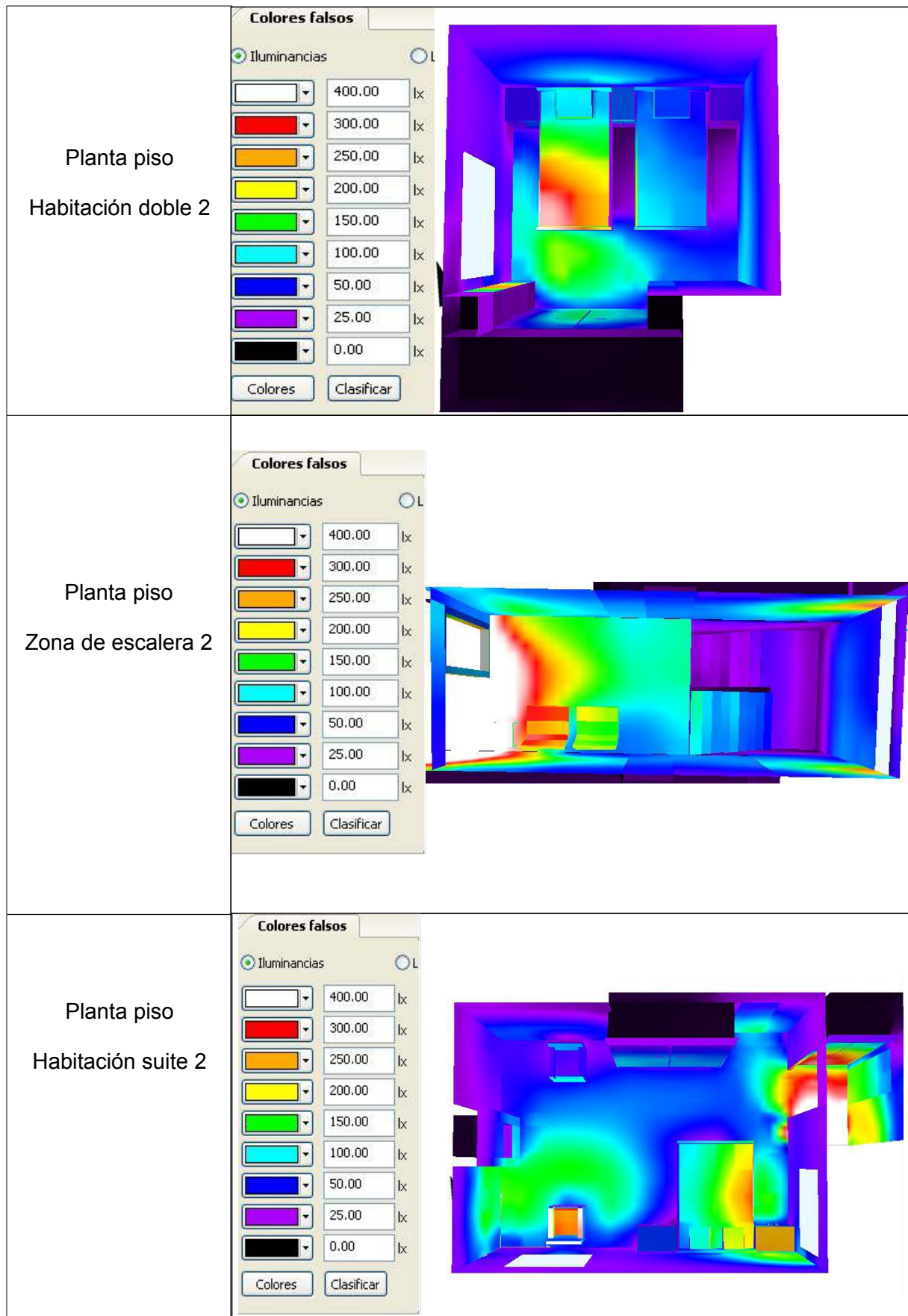
<div>Planta baja</div> <div>Recibidor 1 y pasillo 1</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div><div></div></div><div>Iluminancias</div><div></div></div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div> <div></div>
<div>Planta baja</div> <div>Recibidor 2</div>	<div><div><div>Colores falsos</div><div><div><div><div></div></div><div>Iluminancias</div><div></div></div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div><div></div></div>

Planta baja  
Sala de estar -  
Comedor



<div>Planta baja</div> <div>Cocina</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div>Iluminancias</div><div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div><div></div></div>
<div>Planta piso</div> <div>Habitación doble 1</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div>Iluminancias</div><div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div><div></div></div>
<div>Planta piso</div> <div>Baño</div>	<div><div>Colores falsos</div><div><div><div>Iluminancias</div><div><div><div></div><div>400.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>300.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>250.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>200.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>150.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>100.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>50.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>25.00</div><div>lx</div></div><div><div></div><div>0.00</div><div>lx</div></div></div><div><div>Colores</div><div>Clasificar</div></div></div></div><div></div></div>







	Lux recomendados	Lux asegurados por luz natural	Lux asegurados por luz artificial	Luminarias y W	Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) = $(P \cdot 100) / (S \cdot E_m)$
Hab. suite 1	200	150	200	8 de 23W	2,43
Baño suite 1	150	50	150	6 de 13W	4,24
Aseo	150	50	150	2 de 23W	6,65
Trastero	150	150	150	2 de 23W	3,19
Zona escalera 1	150	25	150	5 de 13W	2,5
Pasillo 1	150	25	150	3 de 23W	5,81
Recibidor 1	150	150	150	2 de 23W	2,5
Recibidor 2	150	150	150	4 de 13W	4,6
Comedor	200	200	200	6 de 23W	2,74
Sala de estar	300 / 500 si se lee	100	500	10 de 37W	2,32
Cocina	300	0	300	10 de 23W	2,66
Hab. doble 1	200	50	200	4 de 23W	2,67
Baño	150	0 *	150	6 de 13W	5,29
Hab. doble 2	200	75	200	4 de 23W	2,88
Pasillo 2	150	0	150	3 de 13W	4,84
Zona escalera 2	150	75	150	6 de 13W y 2 de 23W	1,72
Hab. suite 2	200	50	200	9 de 23W	2,73
Baño suite 2	150	0 *	150	4 de 23W	4,36

Tabla 3.6 Resumen de iluminación.

En la columna lux asegurados por luz natural, el valor corresponde al mínimo que tiene una zona en concreto (por ejemplo para una zona cuadrada con 50 lux a los lados y 0 en el centro, el valor en esta tabla será 0).

\*Se divide en 2 estancias, la del lavamanos no cumple (0 lux) pero la del inodoro si (150 lux). En el cálculo de consumo de iluminación, se tratará como 2 zonas distintas mediante 2 sensores de luz, también se tratará así a la sala de estar-comedor al tener niveles de iluminación distintos.

Las celdas rojas de la tabla anterior, muestran en que estancias la iluminación natural es insuficiente para el día más desfavorable (no significa que una estancia necesite iluminación artificial durante todos los días del año). En estas estancias, durante el año habrá días en los que los usuarios se verán obligados a utilizar la luz artificial y por consiguiente, podrá reducirse la demanda energética en esas zonas mejorando el nivel de iluminación natural.

El consumo que supone una demanda energética elevada, por no disponer de luz natural suficiente, dependerá de la eficiencia de las luminarias, para poder comparar ambos proyectos (original y adaptado) se utilizarán las mismas luminarias LG LED Downlight de diferentes potencias. El cálculo de consumo lumínico lo realiza DesignBuilder y gracias a Dialux se obtiene la energía de iluminación de cada zona, necesaria en DesignBuilder.

Habitación suite 1: El nivel de iluminación natural para este caso desfavorable, ronda el mínimo recomendado y por tanto la reducción de demanda energética que puede realizarse en esta estancia será mínima ya que durante gran parte del año la iluminación natural será suficiente. Además al ser de invitados se utilizará con poca frecuencia.

Baño suite 1: Prácticamente alcanza el nivel mínimo de 150 lux, a excepción de la zona de la bañera donde es muy inferior.

Aseo: El nivel de luz natural se mantiene alrededor de los 50 lux, 100 por debajo del nivel óptimo, por lo que se mantendrá inferior a esos 150 lux durante gran parte del año.

Trastero: Dispone de una iluminación natural excelente gracias a una gran ventana norte que le concede un nivel de iluminación constante. Durante el día no necesitará luminarias por lo que no deben realizarse cambios en este aspecto.

Zona escalera 1: Es una zona intermedia sin fachada que recibe algo de luz natural transmitida a través de vidrieras o estancias contiguas sin divisiones (pasillo 1 y escalera 2). El uso de luminarias será obligado en esta zona.

Pasillo 1: Le sucede lo mismo que a la zona de escalera 1, prácticamente toda la luz natural que consigue es transmitida a través del recibidor 1.

Recibidor 1: Al ser una estancia tan pequeña le es suficiente con las vidrieras de la puerta para alcanzar el nivel de iluminación natural de 150 lux. No necesitará el uso de luminarias durante el día.

Recibidor 2: Aprovecha muy bien su fachada con una vidriera junto a la puerta e incluso en la misma puerta. Tampoco necesita luz artificial durante el día.

Comedor: Asegura 200 lux en toda la estancia (a excepción de las esquinas donde se encuentran valores de 100 lux aunque no es motivo para el uso de luz artificial) y 300lux en la mesa.

Sala de estar: En la zona norte de la estancia no se consigue iluminar lo suficiente mediante luz natural, lo que significa que excepto en días favorables, será posible un descenso en la demanda energética siempre que se consiga mejorar el nivel de iluminación natural.

Cocina: Únicamente se alcanza el nivel óptimo en la cercanía de su ventana sur (la norte es una ventana de ventilación que no aumenta el nivel de iluminación). Serán necesarias las luminarias.

Hab. doble 1: El sur de la estancia se encuentra muy alejado y no consigue alcanzar los 200 lux, de nuevo será necesario el uso de iluminación artificial.

Baño: Al estar dividido por una partición, con una ventana no es suficiente para ambas zonas. La zona con ventana dispone de un nivel de iluminación natural suficiente pero la otra se queda completamente a oscuras.

**Hab. doble 2:** Por las dimensiones de la estancia y de su única ventana, en la zona más alejada a ella se rondan los 75 lux, con lo que para realizar tareas en esa zona de la habitación y en un día desfavorable para la iluminación natural, no será suficiente.

**Pasillo 2:** Completamente a oscuras ya que se trata de una estancia interior y cerrada.

**Zona de escalera 2:** Mantiene un buen nivel de iluminación natural, excepto en la misma escalera, donde es claramente insuficiente. Al no separar los elementos de iluminación artificial para la zona de la propia escalera y para la zona superior, será necesario el uso de luminarias en días desfavorables.

**Hab. suite 2:** El nivel de iluminación natural es algo bajo para este 21 de Diciembre, ronda los 150 lux en las zonas donde se requieren 200 y los 50 lux en las zonas donde se requieren 150. Será frecuente el uso de luz artificial para cubrir esta necesidad.

**Baño suite 2:** De igual manera que en el baño, una de las zonas se queda a oscuras mientras la otra recibe un nivel de iluminación natural que ronda los 150 lux.

### 2.1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

- 1 La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (2.1)$$

siendo

P la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W];

S la superficie iluminada [m<sup>2</sup>];

E<sub>m</sub> la iluminancia media mantenida [lux]

Figura 3.35 DB HE Ahorro de energía. VEEI.

En el cálculo del VEEI, el E<sub>m</sub> lo indica Dialux en el output de sus escenas de iluminación artificial.

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación		
grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico (4)	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios (2)	4,0
	habitaciones de hospital (3)	4,5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	zonas comunes (1)	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
2 zonas de representación	espacios deportivos (5)	5
	administrativo en general	6
	estaciones de transporte (6)	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	hostelería y restauración (8)	10
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes (1)	10
	habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

Figura 3.36 DB HE Ahorro de energía. Valores límite del VEEI.

Ninguna zona por encima de los 7,5 y por tanto dentro de normativa.

El consumo del edificio en cuanto a iluminación interior, se muestra en la tabla 3.5 y es de 787,52 kWh.

### 3.3 PROPUESTAS DE MEJORA

Se estudiarán varias hipótesis a través del mismo programa, DesignBuilder, con el fin de reducir la demanda energética.

#### 3.3.1 HIPÓTESIS A. DESPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA / CORRECCIÓN DEL ENTORNO

Dado que la temperatura interior del edificio se distancia de la de confort especialmente en los meses fríos, sería interesante conseguir aumentar esa temperatura interior.



Gráfico 3.28 Distanciamiento de la T interior del edificio original respecto a la T confort.

La primera hipótesis se plantea con el objetivo de aislar, dentro de lo posible, el edificio de cualquier obstáculo que cree sombras para así aumentar las ganancias térmicas y por tanto la temperatura interior. En este caso cuando se habla de obstáculos es en referencia a los muros y vegetación que limitan la parcela con las parcelas vecinas (ya que producen más sombras que las propias edificaciones vecinas) y es en norte donde se encuentran a mayor altura tanto en este como en oeste. Al encontrarse fuera de la parcela, esos obstáculos no pueden ser eliminados ni alterados.

Por este motivo aparenta ser conveniente un desplazamiento de la construcción al sur, respetando los límites de parcela. No es posible aumentar la cota del suelo de planta baja ya que superaría la altura reguladora máxima (ya se encuentra a cota +3 respecto a la de vial). Con la realización de este cambio en el proyecto original, se debe comprobar si este paso es positivo como aparentaba o no, para ello se compararán los resultados térmicos.

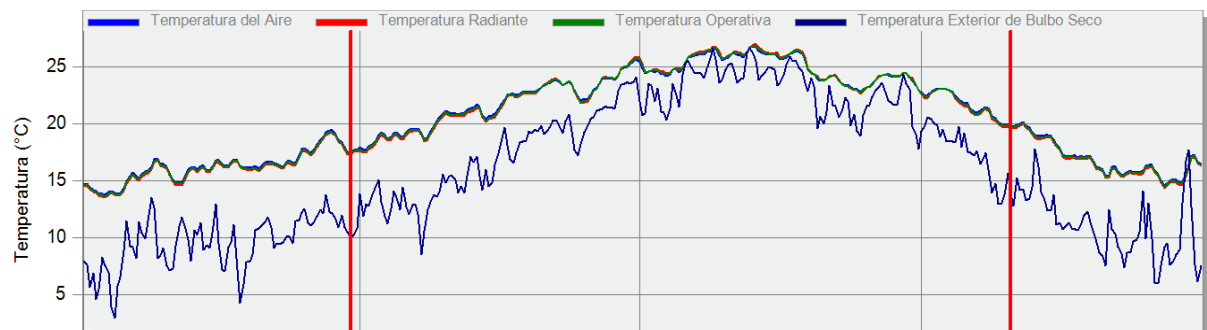


Gráfico 3.29 Temperatura operativa anual hipótesis A.

No se aprecia un cambio radical, de hecho parece la misma gráfica de temperaturas que en el proyecto original, pero observando los consumos comprobamos que la temperatura operativa media ha aumentado.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	11542.69	32.88	57.99
Net Site Energy	11542.69	32.88	57.99
Total Source Energy	26017.49	74.10	130.70
Net Source Energy	26017.49	74.10	130.70

Tabla 3.7 Consumo anual de la hipótesis A.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m <sup>3</sup> ]
Heating	0.00	5174.89	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1081.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	778.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2097.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1184.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	644.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	41.65	0.00	0.00	0.00	0.00	14.24
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	540.20	8.46
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5827.60	5174.89	0.00	0.00	540.20	22.70

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.8 Consumo anual de la hipótesis A, por usos.

Con los datos del consumo sí se aprecia una ligera mejoría, significa una reducción de la demanda energética.

Ya que tanto la vegetación de parcela D (situada al este) como el muro que limita con parcela oeste tienen cotas superiores en norte, quedaban limitadas las horas en que la vivienda recibía radiación solar (recortando las primeras y últimas horas del día), lo que suponía un descenso en la temperatura interior.

De esta manera será más sencillo aumentar esa T operativa en invierno, algo muy necesario según se vio en los resultados globales del proyecto original.

Para esta hipótesis el hecho de que el consumo por refrigeración aumente no es relevante, puesto que más adelante se añadirán modificaciones pensadas en hacer disminuir ese exceso de temperatura en verano. El objetivo de este desplazamiento en la parcela era ver aumentar la temperatura en invierno y ligeramente se ha conseguido, con lo que en las próximas hipótesis el edificio ya estará colocado en el sur de la parcela.

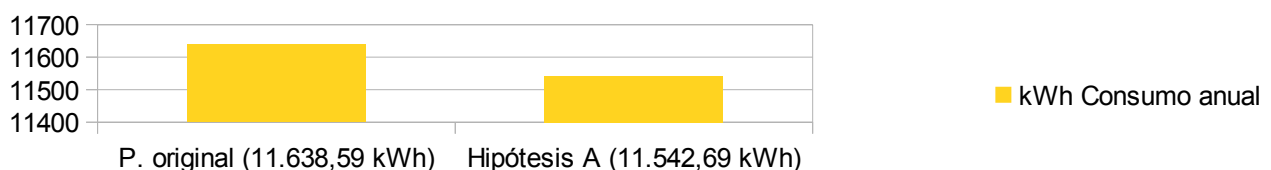


Gráfico 3.30 Comparación del consumo de la hipótesis A respecto al estado anterior (estado original)



### 3.3.2 HIPÓTESIS B. DISTRIBUCIÓN ZONAS FRIAS / ZONAS CALIENTES

Planta baja sigue el planteamiento de zonas frías / zonas calientes ya que las zonas más utilizadas son las que mejor orientación tienen (llamadas zonas calientes, dibujadas en rojo), mientras que las estancias con un menor uso se reparten el resto de orientaciones (normalmente norte, llamadas zonas frías y dibujadas en azul). Por tanto en este sentido no se realizan cambios ya que ya actúa bajo una estrategia pasiva.

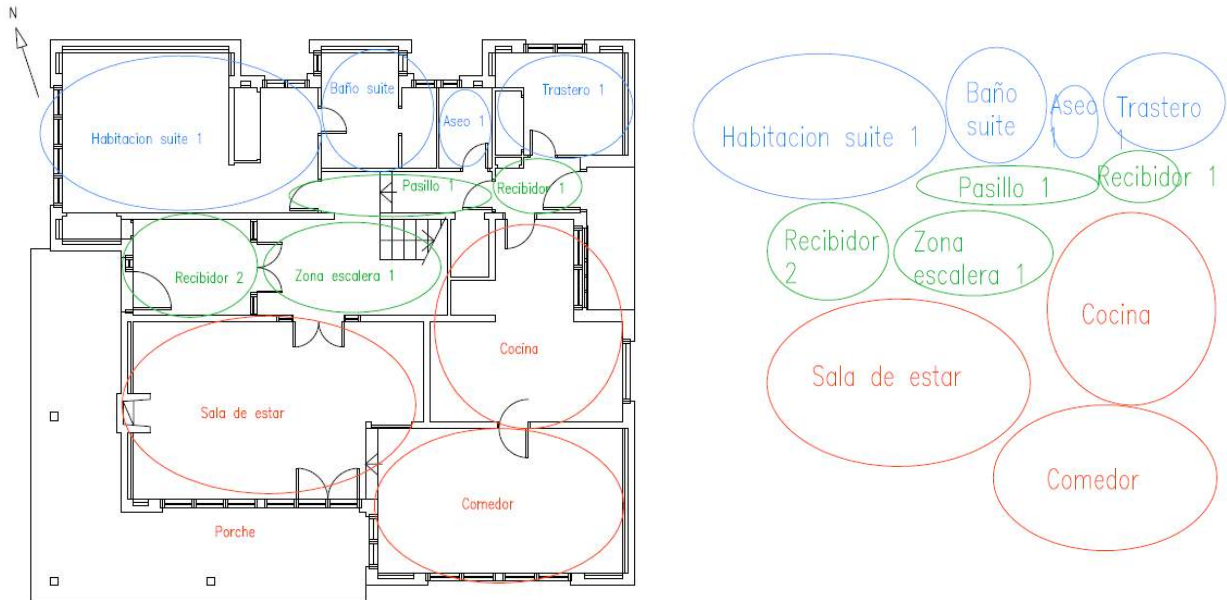


Figura 3.37 Distribución de zonas frías / calientes en planta baja, proyecto original.

Aún así se propone alinear la fachada de la cocina ya que se busca aprovechar la ventana norte, la cual solo se utilizaba como ventilación, para aumentar la captación de radiación solar. De esta manera queda eliminado el porche este, su función como protección al agua de la lluvia puede sustituirse por un alero, de todos modos será más lógico utilizar el recibidor 2 como puerta de entrada y salida siempre que llueva ya que su porche queda más próximo al exterior de la parcela.

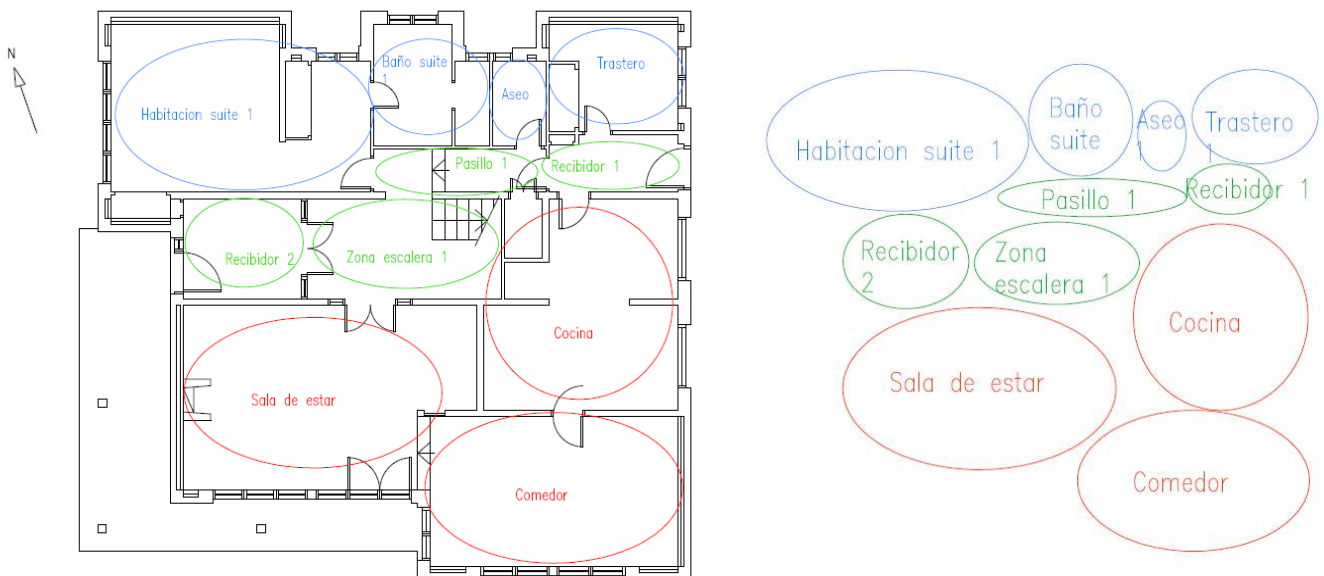


Figura 3.38 Distribución de zonas frías / calientes en planta baja, hipótesis B.

Planta piso ya no sigue este planteamiento y pasa a tener una distribución puramente funcional, dejando al matrimonio en sur y separándolo de los hijos por las zonas de paso.

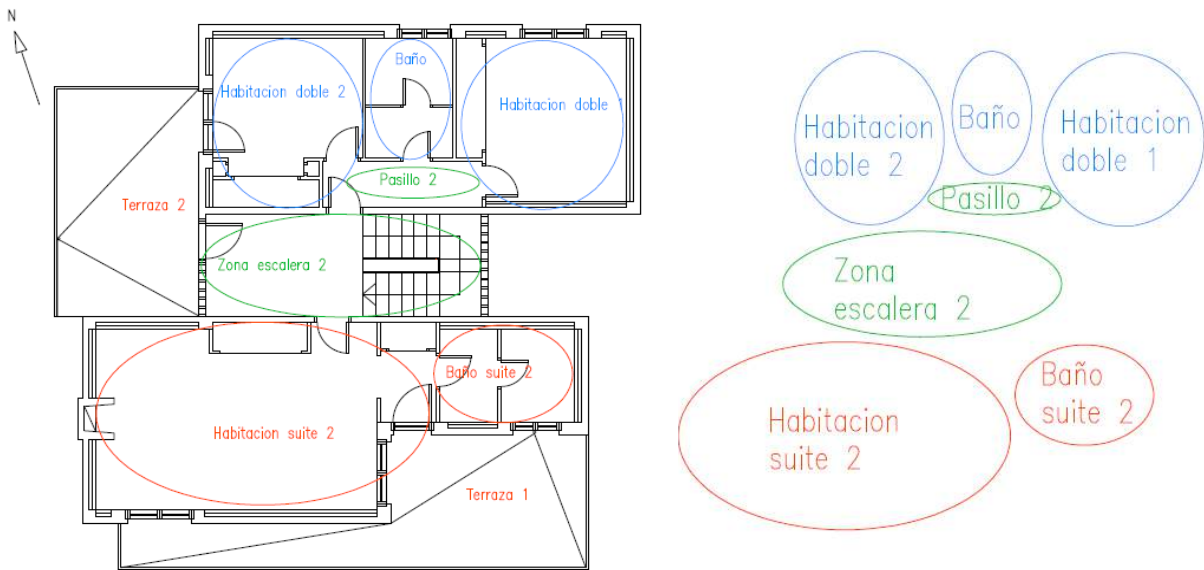


Figura 3.39 Distribución de zonas frías / calientes en planta piso, proyecto original.

De esta manera se le da prioridad al confort del baño suite 2 antes que a alguna de las habitaciones de los hijos, que por contra van a tener una mayor demanda energética ya que se utilizarán durante más tiempo.

Esta segunda hipótesis analizará cambiar las orientaciones de baño suite 2 por la de habitación doble 2, que dentro del conjunto de habitaciones de planta piso es la que en peor situación se encontraba (noroeste). Habitación doble 1 pese a encontrarse en zona norte tiene una orientación sureste y recibe radiación durante toda la mañana, la cual puede aprovecharse en próximas hipótesis, como por ejemplo cambiando su ventana.

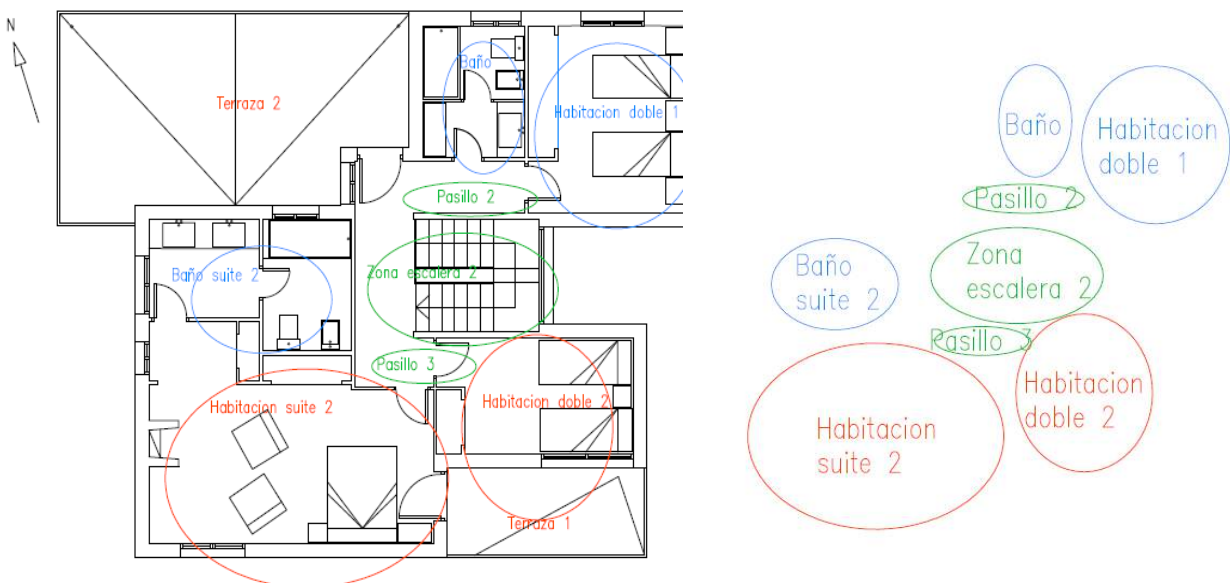


Figura 3.40 Distribución de zonas frías / calientes en planta piso, hipótesis B.



Al estar ahora en contacto la habitación suite 2 con la habitación doble 2, se utiliza el armario empotrado como aislante acústico para sustituir la antigua función de la zona de la escalera 2 en ese sentido.

En esta hipótesis se ha intentado no cambiar ventanas, aunque ha sido una obligación hacerlo en habitación doble 2, baño suite 2 y pasillo 2 al haber sido modificadas sus fachadas, en estas estancias se han colocado ventanas lo más similares posibles a las del estado original.

A continuación los resultados de esta nueva hipótesis, se recuerda que la hipótesis A ha sido incluida al haber sido aceptada y por tanto serán resultados acumulativos de ambas hipótesis.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	11094.50	36.51	62.09
Net Site Energy	11094.50	36.51	62.09
Total Source Energy	25077.71	82.53	140.34
Net Source Energy	25077.71	82.53	140.34

Tabla 3.9 Consumo anual de la hipótesis B.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m <sup>3</sup> ]
Heating	0.00	4965.64	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	952.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	574.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2258.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1079.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	588.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	36.69	0.00	0.00	0.00	0.00	12.55
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5490.63	4965.64	0.00	0.00	638.23	22.54

*Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.*

Tabla 3.10 Consumo anual de la hipótesis B, por usos.

Ha habido un gran descenso en el consumo y como demuestran los resultados, esta distribución funciona térmicamente mejor que la original. La próxima hipótesis ya incluirá esta adaptación en el proyecto.

Al haber sido cambiadas de orientación la habitación doble 2 con el baño suite 2, había que observar sus gráficos para ver el comportamiento térmico que ofrecen dichas estancias frente a esta adaptación.

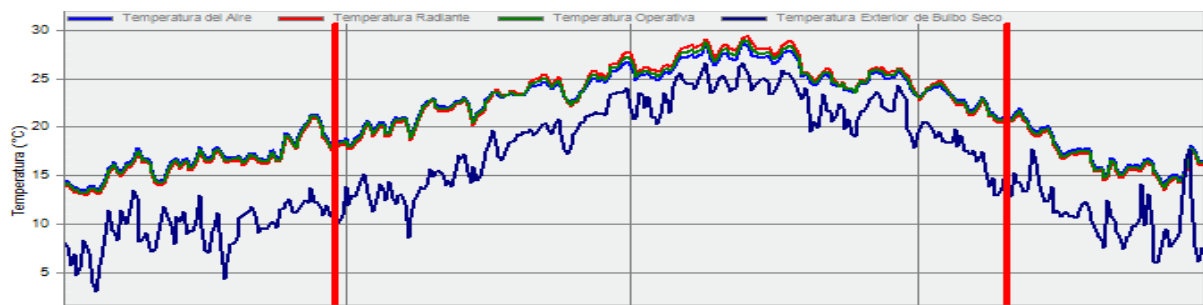


Gráfico 3.31 Temperatura interior anual de habitación doble 2.

Se ha elevado la línea de la temperatura operativa durante todo el año y era de esperar ya que ahora dispone de orientación sur, donde el impacto de radiación solar es mucho mayor.

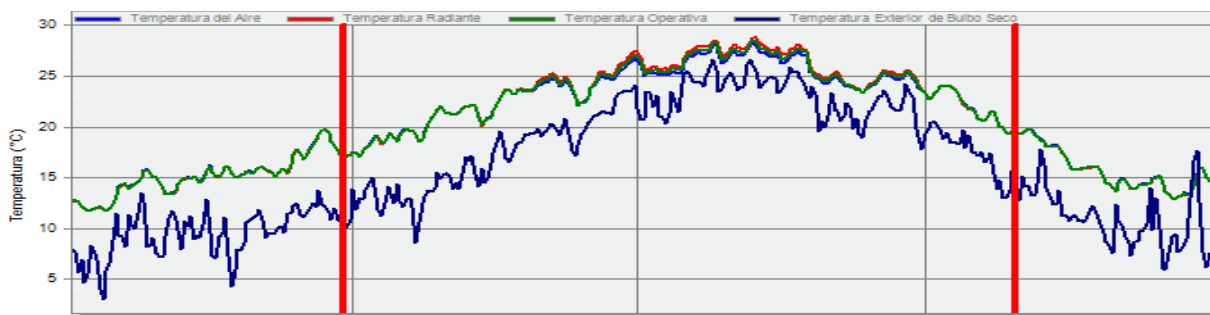


Gráfico 3.32 Temperatura interior anual de baño suite 2, zona A (compartimento con ventana).

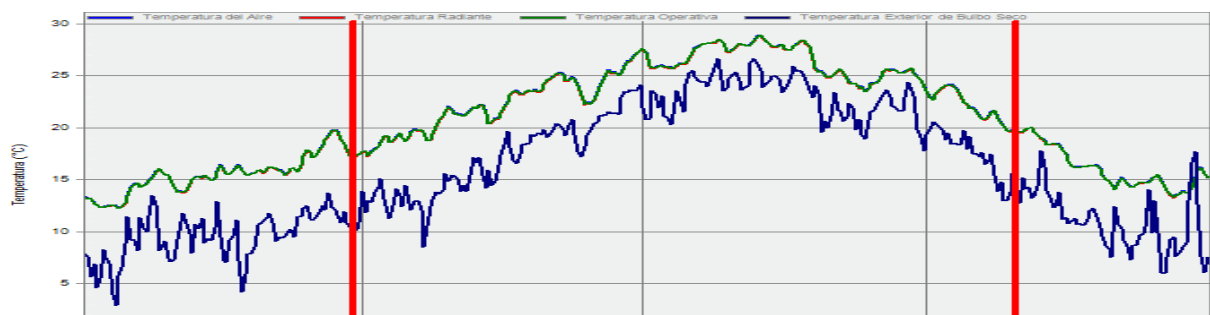


Gráfico 3.33 Temperatura interior anual de baño suite 2, zona B (compartimento sin ventana).

En el baño suite 2 se obtiene una gráfica muy similar a la del proyecto original. El desplazamiento de esta estancia a zona norte debería hacer bajar su temperatura operativa, pero como ha aumentado la temperatura en el resto de estancias, éstas le ceden calor y como consecuencia se obtiene un gráfico tan parecido.

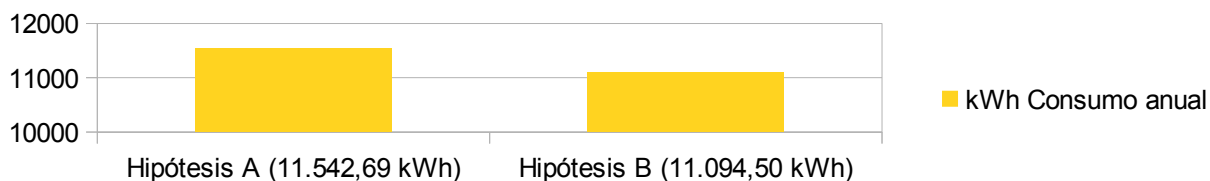


Gráfico 3.34 Comparación del consumo de la hipótesis B respecto a la hipótesis anterior (A)

### 3.3.3 HIPÓTESIS C. REDUCCIÓN DEL PORCHE OESTE Y DE VOLADIZOS EN CUBIERTAS

Como se vio en el análisis energético del proyecto original, existía un exceso de sombreado producido por los voladizos de cubierta y el porche oeste, además al prever la incorporación de elementos de protección solar, tanto los voladizos como el porche perderán su funcionalidad. Por tanto en esta hipótesis se propone reducir los voladizos de cubierta y el porche oeste en sur ya que sombrea en exceso y muchas de las ventanas pierden capacidad de captar radiación solar. Puede ser uno de los principales motivos por el que la temperatura en invierno es tan baja.

De este modo el porche oeste se reduce en sur hasta los 1,20m para no sombrear superficie de ventanas en épocas frías.

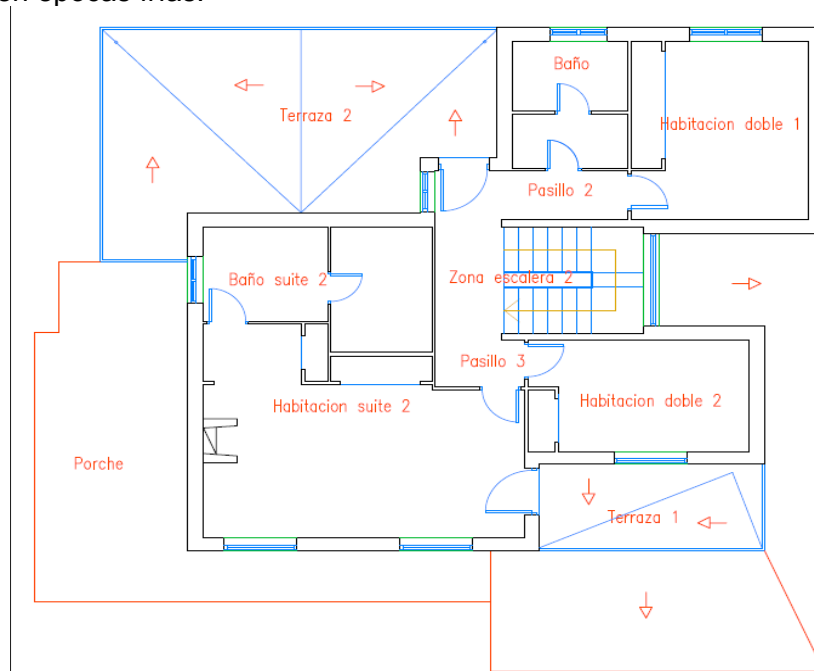


Figura 3.41 Planta piso, hipótesis B.

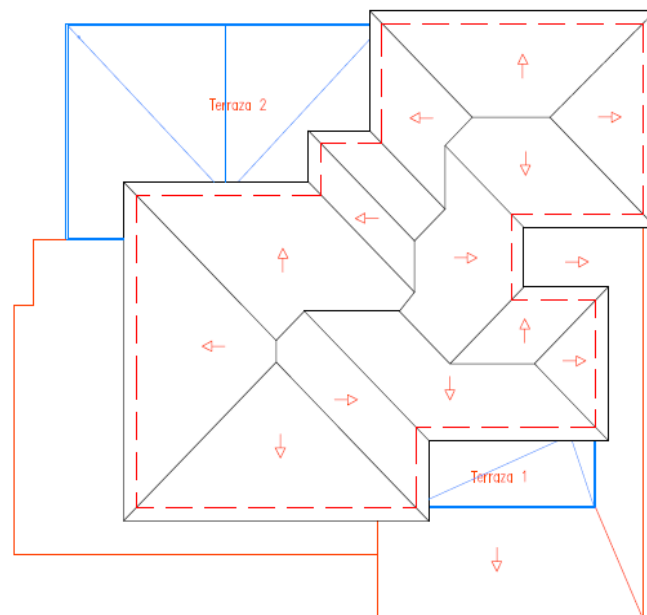


Figura 3.42 Cubierta, hipótesis B.

Los voladizos de la cubierta inclinada de planta piso han sido uniformados y reducidos a 30cm sobre la fachada.

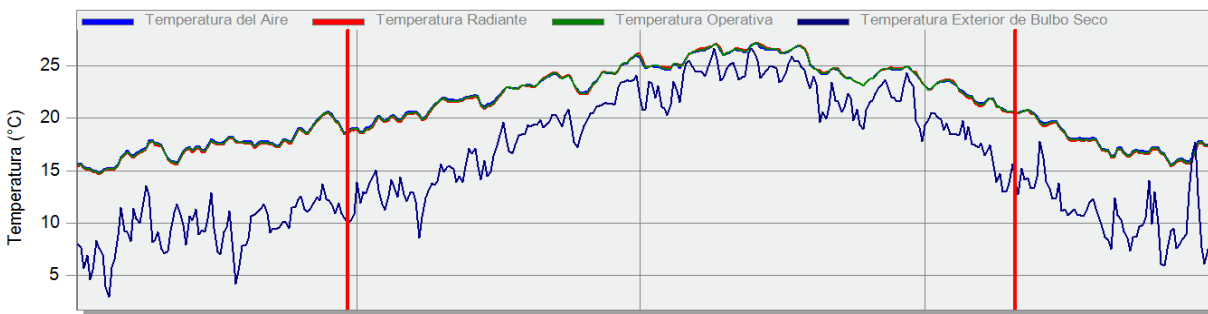


Gráfico 3.35 Temperatura operativa anual hipótesis C.

Con esta hipótesis sí se aprecia un aumento significativo en la temperatura media en la vivienda y se comprueba con el consumo anual del edificio.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	10867.26	41.27	60.86
Net Site Energy	10867.26	41.27	60.86
Total Source Energy	25698.13	97.58	143.92
Net Source Energy	25698.13	97.58	143.92

Tabla 3.11 Consumo anual de la hipótesis C.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m <sup>3</sup> ]
Heating	0.00	4322.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1185.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	576.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1187.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	655.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	44.78	0.00	0.00	0.00	0.00	15.48
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5906.74	4322.29	0.00	0.00	638.23	25.48

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.12 Consumo anual, por uso de la hipótesis C, por usos.

Desciende de nuevo el consumo por calefacción como consecuencia del ascenso de temperatura interior en épocas frías. La vivienda ahora absorbe más cantidad de rayos solares al reducir porche y voladizos de cubierta.

También vuelve a crecer en menor medida el consumo por refrigeración, pero es algo normal a causa del aumento de la temperatura anual media, ya que se siguen sin tratar los temas de sobrecalentamiento en verano.

Por tanto esta nueva hipótesis consigue su objetivo, de manera que las siguientes hipótesis ya incluirán esta pequeña adaptación.

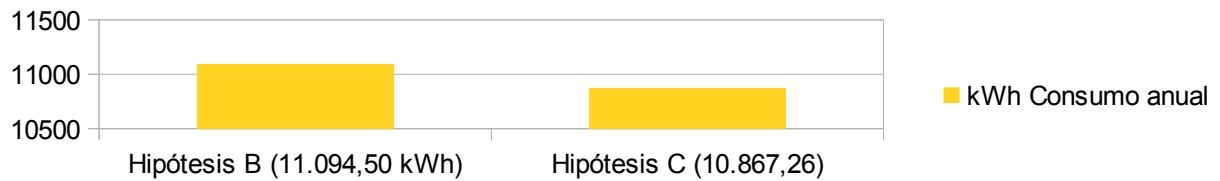


Gráfico 3.36 Comparación de la hipótesis C frente a la hipótesis anterior (B)

### 3.3.4 HIPÓTESIS D. ABERTURAS

Este apartado debe estudiarse estancia por estancia para ver como afecta en cada una de ellas.

#### 3.3.4.1 HIPÓTESIS D.1.REORIENTACIÓN DE LAS ABERTURAS

##### A) Habitación suite 1:

##### Capacidad de captar radiación solar

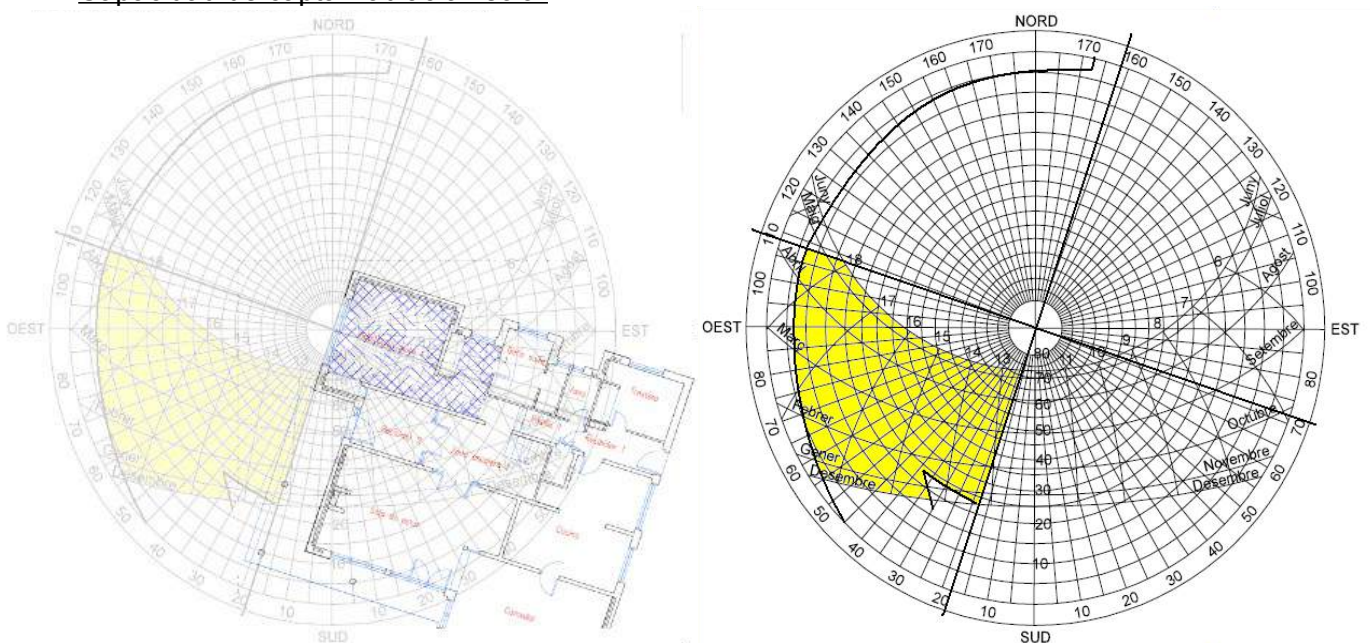


Figura 3.43 Estereográfico de la ventana noroeste de habitación suite 1.

\*Estereográficos siempre des del centro de la ventana estudiada a 1,65m de altura.

En la ventana noroeste, la única de esta estancia capaz de captar radiación solar, su orientación está adecuada al uso nocturno ya que en invierno intentará aumentar la temperatura hasta la tarde, de cara a su uso posterior, con lo que no es necesario realizar cambios en este aspecto.

El desplazamiento de la construcción al sur de la parcela hace que el muro que limita con la parcela oeste sombree menos durante las últimas horas de la tarde, justo en el horario de invierno en el que la habitación suite 1 necesita aumentar su temperatura interior. Se comprueba por tanto que el desplazamiento de la construcción tuvo un efecto positivo.

La pérdida del voladizo de cubierta deja paso libre a los rayos solares al mediodía.



Iluminación natural

En cuanto a iluminación natural, al no cambiar ventanas continuará funcionando de la misma manera que en el proyecto original y se vio que era suficiente para alcanzar el nivel recomendado para su uso, si bien, el desplazamiento de la parcela al sur y la eliminación del voladizo hará disminuir ligeramente las obstrucciones sobre la bóveda celeste (igual que en el resto de ventanas de planta baja) y por consiguiente la iluminación natural será algo mayor (inapreciable en el mapa de colores falsos).

B) Baño suite 1:

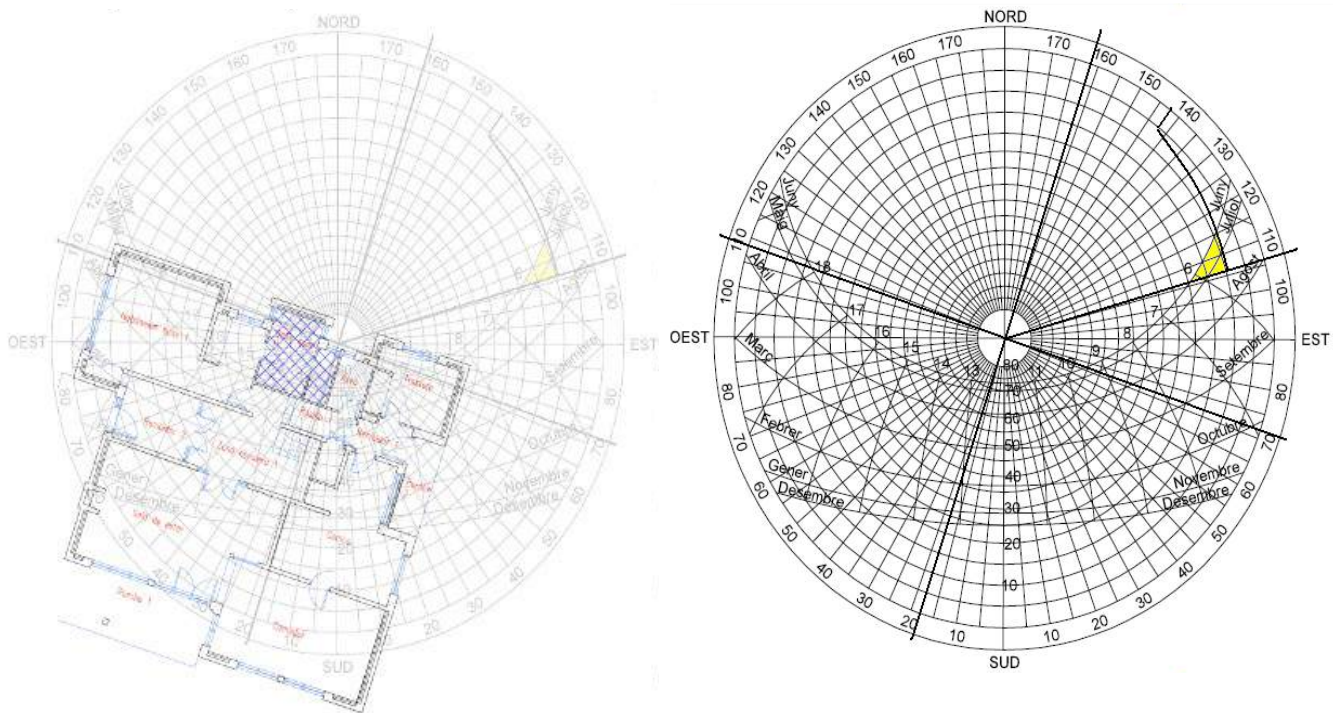
Capacidad de captar radiación solar

Figura 3.44 Estereográfico de la ventana noreste de baño suite 1 (zona inodoro).

Aumenta en una mínima fracción el impacto de radiación solar en esta ventana.

Las ventanas de esta estancia no están creadas para captar radiación ya que la poca que absorben es perjudicial. Si se sombrea adecuadamente, dejará de captar esa radiación y dejará de ser un inconveniente térmicamente.



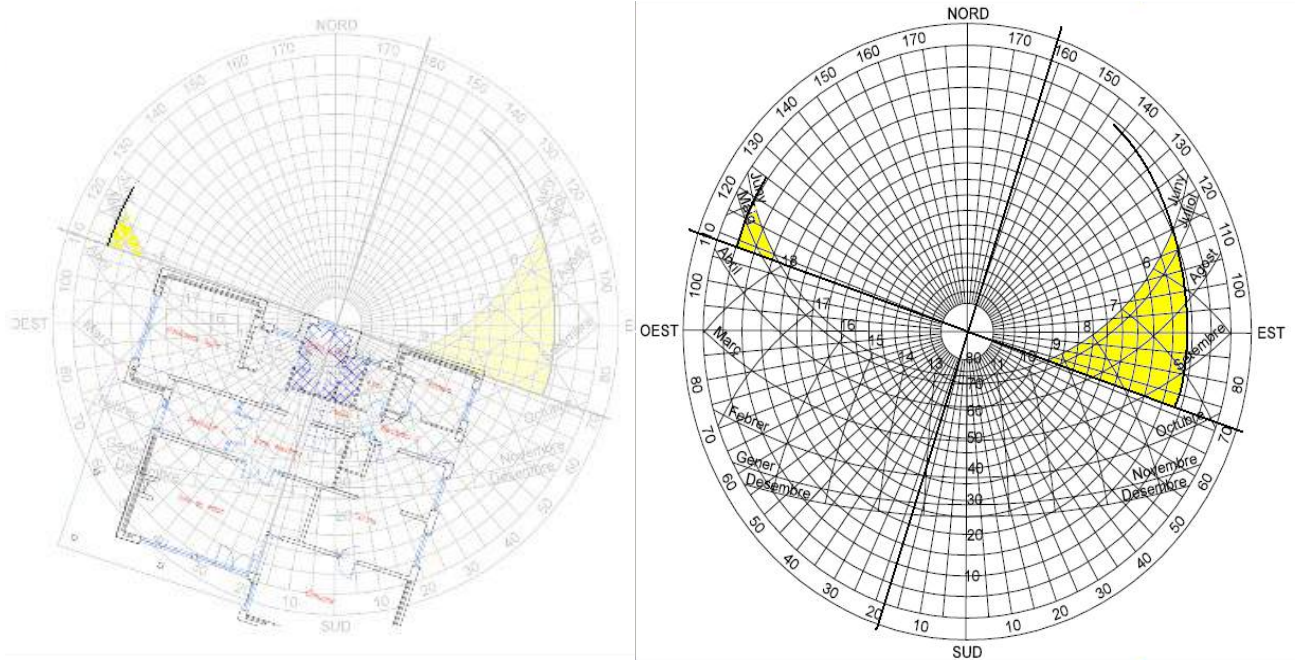


Figura 3.45 Estereográfico de la ventana sureste de baño suite 1.

Esta última ventana sustituye a las dos laterales del proyecto original por temas lumínicos ya que eran insuficientes y se debía aumentar el tamaño de sus superficies. Ya que sus fachadas no permitían aumentar superficie de ventanas en ancho, se realiza este cambio. Térmicamente cualquier radiación que captasen era perjudicial, pero al prever protección solar, hay que tener en cuenta que no entrará ningún rayo solar por estas ventanas.

Aún ha aumentado más el impacto de radiación en los meses más cálidos, en esta estancia es imposible colocar alguna ventana que capte radiación en invierno, con lo que se debe priorizar protegiéndola al menos del verano (más adelante con elementos de protección solar).

#### Iluminación natural

Faltaba iluminación en el proyecto original, esta estancia necesitaba aumentar tamaños de ventana y dado que las 2 laterales ocupaban todo el ancho de pared y térmicamente no hacían nada positivo, la solución ha sido sustituirlas por una de mayor tamaño centrada en la fachada noreste, de este modo se ve más bóveda celeste y por tanto habrá un mayor nivel de iluminación natural. Como sobre los lavamanos hay un espejo que impide abrir una ventana, se ha rotado la zona de la bañera por la de los lavamanos y la ventana irá sobre la bañera a 0,9m de altura respecto al suelo, con un tamaño de 1,2 x 1,2m.

De esta forma se garantiza alcanzar el nivel mínimo de iluminación natural hasta 150 lux, excepto en el lavamanos donde observando los resultados del 21 de Diciembre y día cubierto como caso desfavorable, no se alcanzan esos lux. El nivel de iluminación en esta estancia ha aumentado y por tanto, con frecuencia se podrá reemplazar el uso de luminarias por la iluminación que transmiten sus ventanas durante el día.

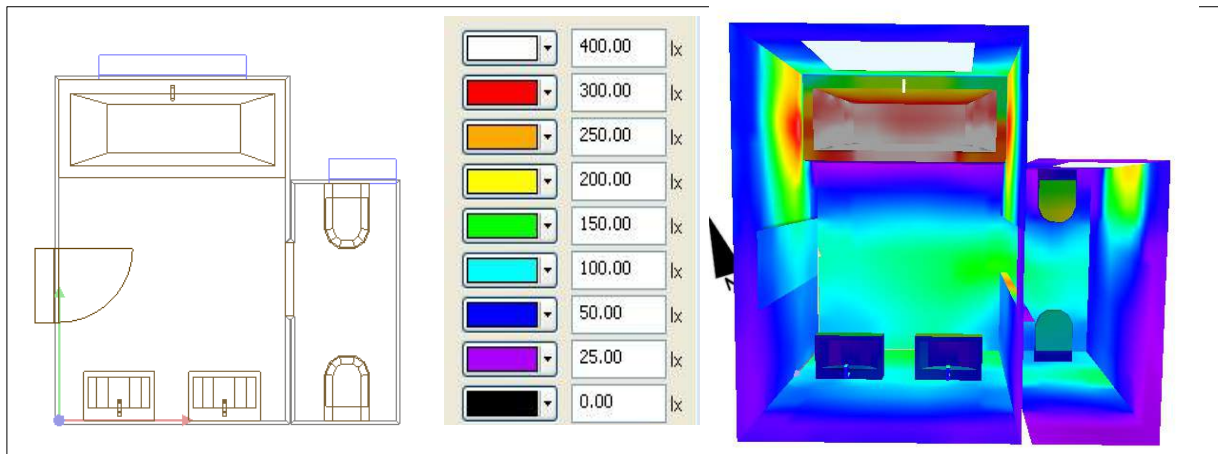


Figura 3.46 Iluminación del baño suite 1 en Dialux.

### C) Aseo:

#### Capacidad de captar radiación solar

Su ventana ilumina y ventila pero no recibe radiación solar.

#### Iluminación natural

De nuevo se aumenta la superficie de ventana para mayor visión de esfera celeste y poder alcanzar el nivel de iluminación natural mínimo hasta los 150 lux, ensanchándola y centrándola con un tamaño de 0,90 x 1,10m (ancho x alto).

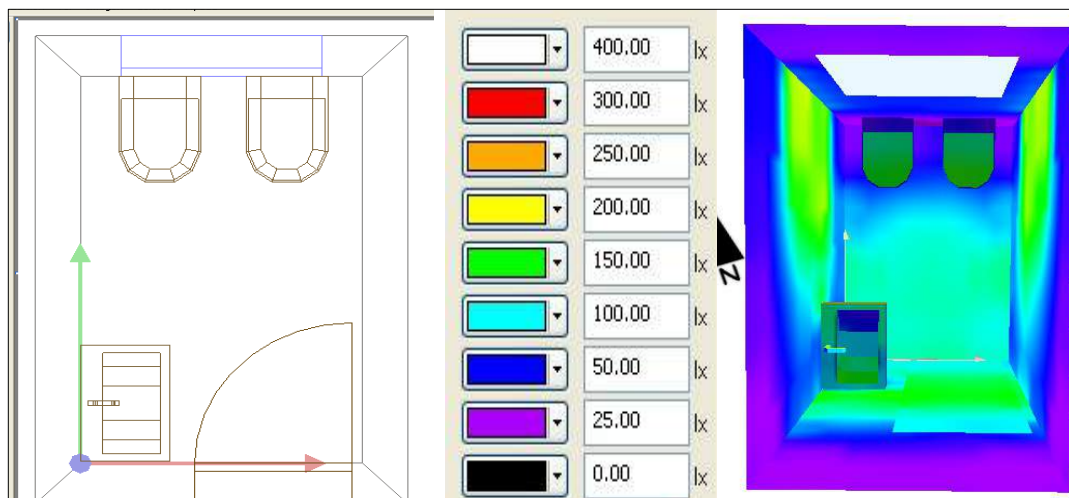


Figura 3.47 Imágenes del aseo en Dialux.

### D) Trastero:

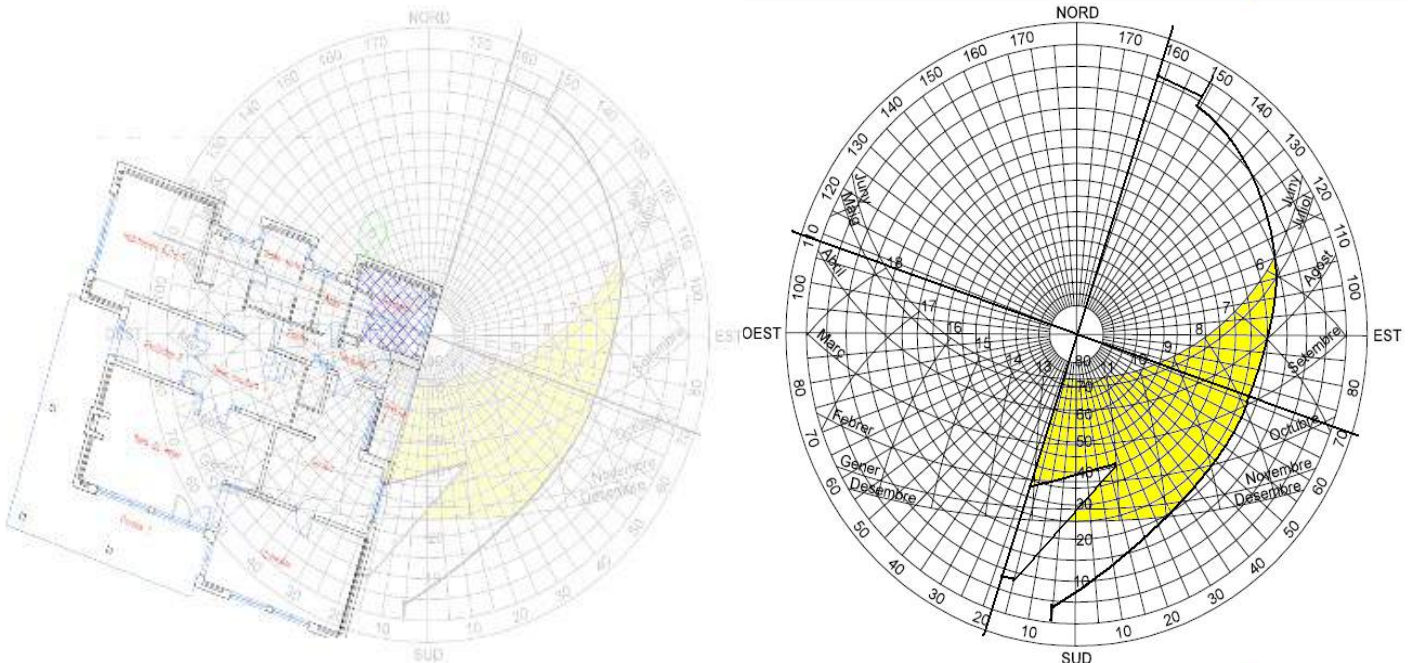
Capacidad de captar radiación solar

Figura 3.48 Estereográfico de la ventana sureste del trastero.

Se trata de otra de las estancias posicionadas en norte al ser de las menos utilizadas de la vivienda, su ventaja respecto a las anteriores es que dispone de fachada sureste. Esta característica es motivo más que suficiente para evitar colocar su ventana en norte. De esta manera, con su nueva orientación es capaz de captar radiación matinal hasta el mediodía como se aprecia en el nuevo estereográfico, aspecto que significará un aumento de temperatura interior en épocas frías y que junto con un correcto diseño de protección solar, también significará un aumento en el nivel de confort.

Iluminación natural

Aunque ya era suficiente la ventana del proyecto original, con el cambio en su orientación hay una mayor transmisión de luz natural. Esto sucede porque en esta orientación hay más luminosidad al recibir iluminación directa por las mañanas (es cuando habrá peligro de deslumbramiento).

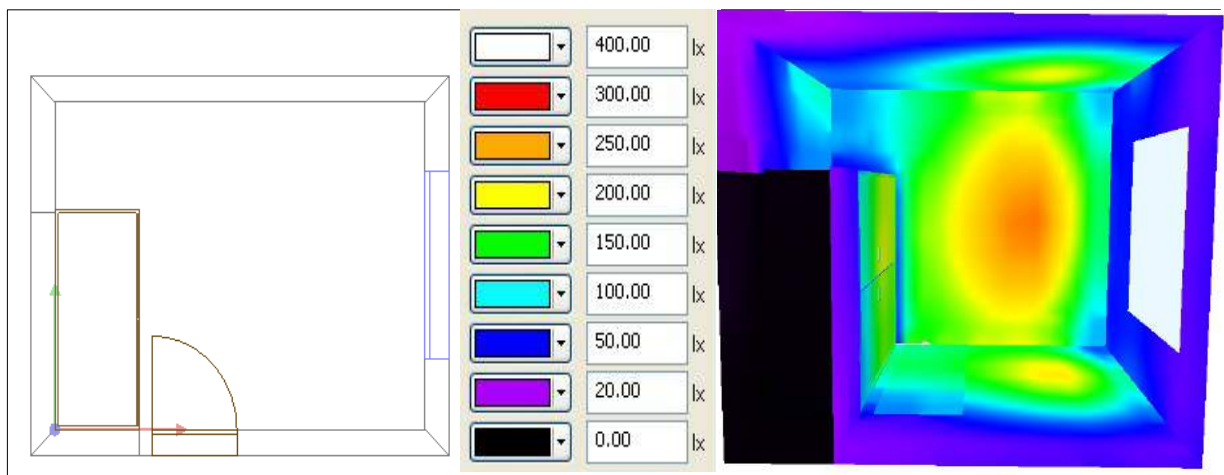


Figura 3.49 Imágenes del trastero en Dialux.

E) Zona de escalera 1, pasillo 1 y recibidor 1:



### Capacidad de captar radiación solar

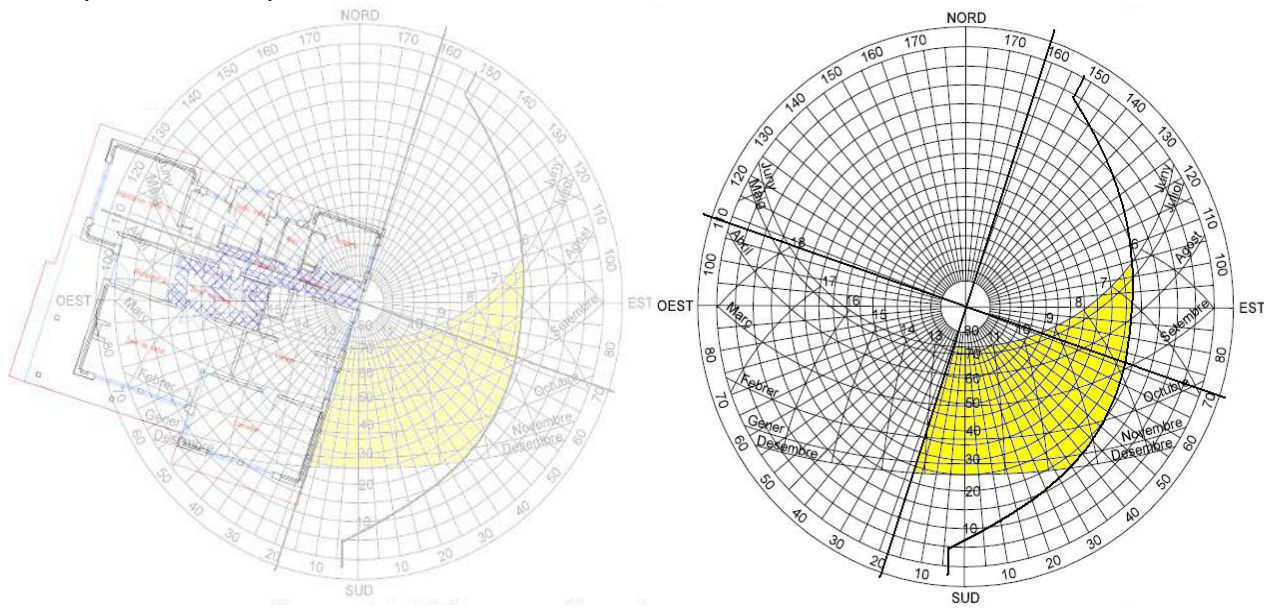


Figura 3.50 Estereográfico de la vidriera del recibidor 1.

Este conjunto de estancias solo recibe rayos solares a través de la vidriera de la puerta del recibidor 1 (se alineó su fachada en la hipótesis B principalmente por aprovechar la ventana norte de la cocina).

Aquí vuelve a verse ampliada la cantidad de radiación que es capaz de recibir respecto al proyecto original gracias al desplazamiento de la vivienda al sur de la parcela. Se le incorporarán elementos de protección solar para sustituir el porche en esa función.

### Iluminación natural

Esta zona está completamente centrada en la vivienda y excepto en la puerta del recibidor 1, no dispone de fachada. De este modo no puede captar iluminación natural suficiente y lo que intenta es suavizar de algún modo la demanda energética por iluminación colocando dos vidrieras internas en contacto con el recibidor 2 y la sala de estar.

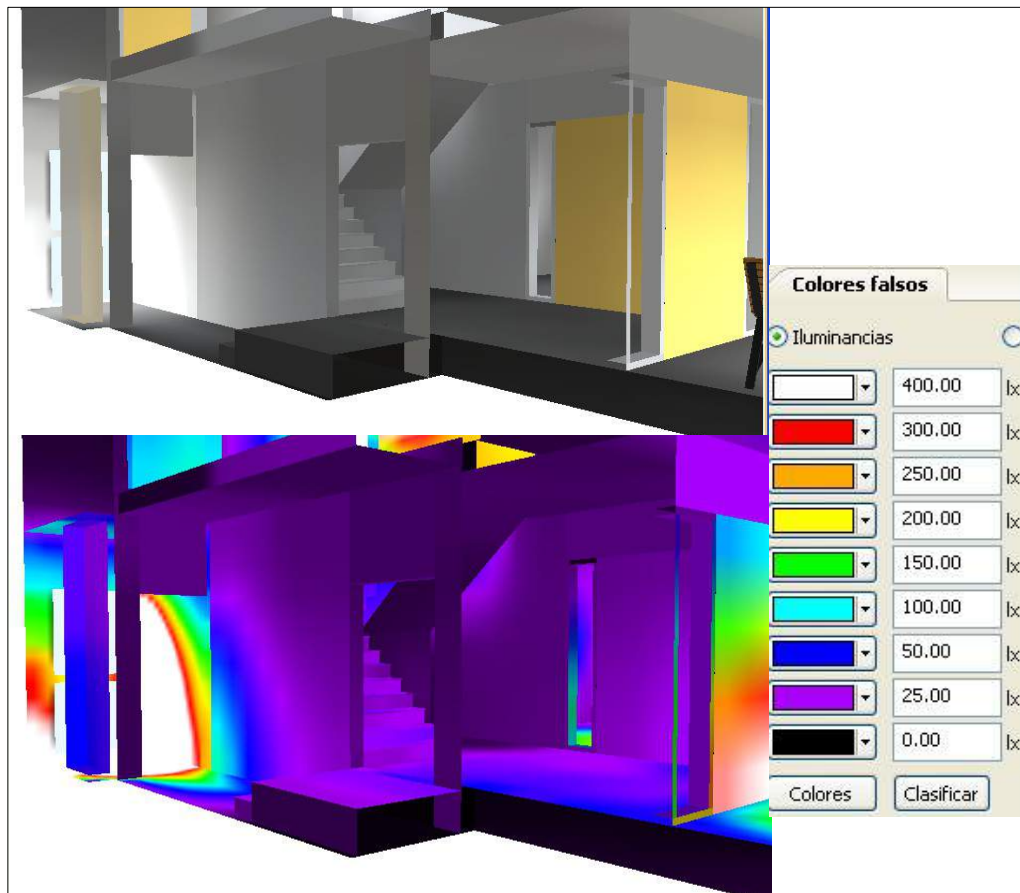


Figura 3.51 Imágenes de la zona de escalera 1, pasillo 1 y recibidor 1 en Dialux (vista desde la habitación suite 1).

De la misma forma que en el proyecto original, se transmite luz natural desde los recibidores y la sala de estar para aumentar en la medida de lo posible el nivel de iluminación natural. En la zona de escalera 1 y pasillo 1 seguirá siendo necesario el uso de luminarias, su posición intermedia en el edificio no le da demasiadas opciones para poder alcanzar el nivel óptimo de luz natural.

F) Recibidor 2:



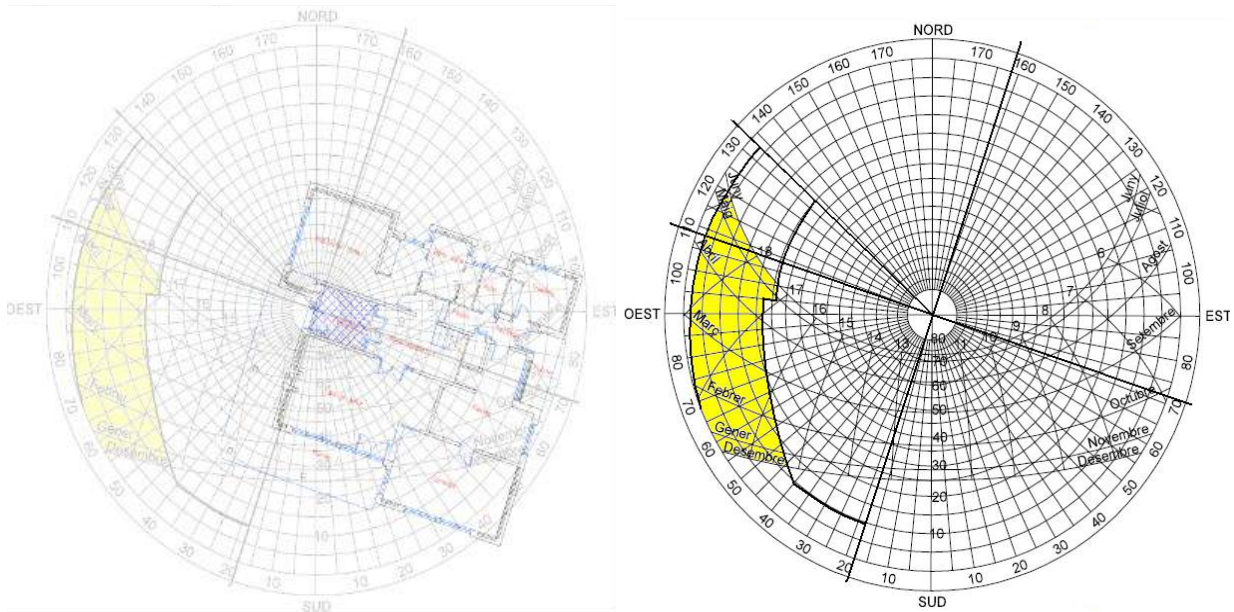
Capacidad de captar radiación solar

Figura 3.52 Estereográfico de la vidriera del recibidor 2.

De nuevo aumenta la capacidad de captación solar a últimas horas del día gracias al desplazamiento de la construcción al sur de la parcela ya que disminuyen las sombras que creaba el muro oeste.

Iluminación natural:

No hay cambios en cuanto a la iluminación natural que recibía en el proyecto original, que ya era suficiente, a excepción de una mínima reducción de obstrucciones sobre la bóveda celeste que supondrán un leve ascenso en el nivel de iluminación natural (inapreciable en el mapa de colores falsos).

## G) Sala de estar – comedor:

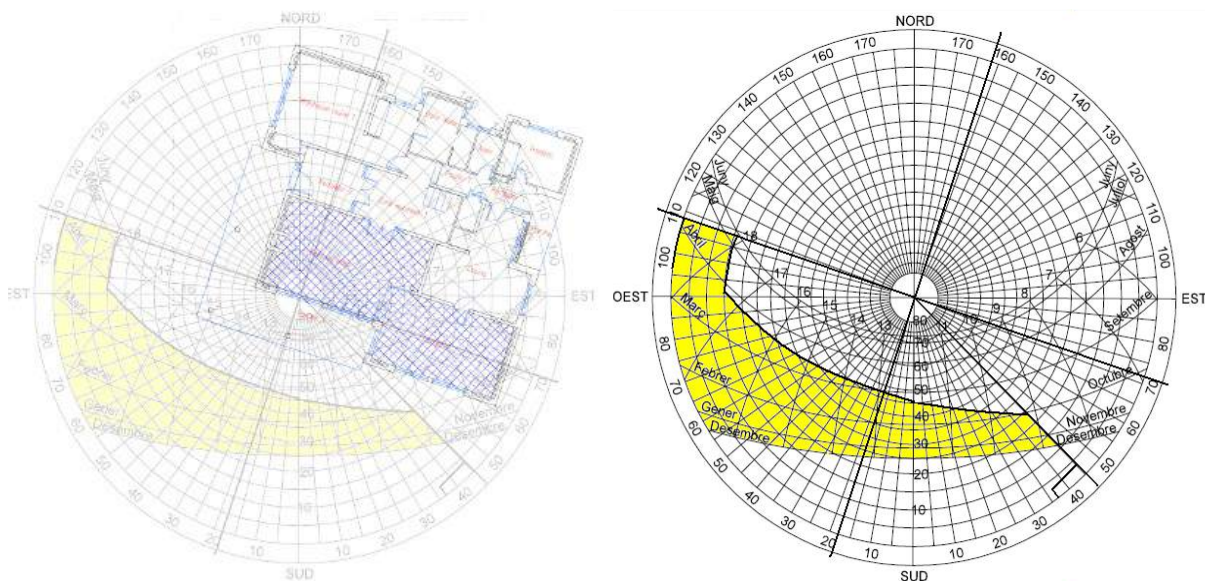
Capacidad de captar radiación solar

Figura 3.53 Estereográfico de la ventana suroeste 1 de la sala de estar.

Reduciendo el porche a 1,20m por el sur para que no sombreen de más y ahora que los muros ya no sombreen las últimas horas de la tarde, se puede aprovechar en mayor medida estos ventanales para captar toda la radiación solar posible en épocas frías.

El estereográfico está dibujado desde un punto de la ventana a 1,65m de altura respecto al suelo de la sala de estar, pero con un porche como protección solar y al tratarse de ventanas de 2'10m de altura, los estereográficos de los puntos superior e inferior de esta misma ventana serán muy distintos (entrará toda la radiación en la superficie inferior, y nada en la superior) y es por eso que conviene colocar lamas horizontales de manera que consigamos uniformar las sombras a lo largo de toda la altura de la ventana.

Se planteó la eliminación del porche porque inhabilita la mitad superior de estos ventanales que son el principal medio de captación solar en planta baja, aunque se ha decidido reducirlo por mantener su funcionalidad y respetar el proyecto original.

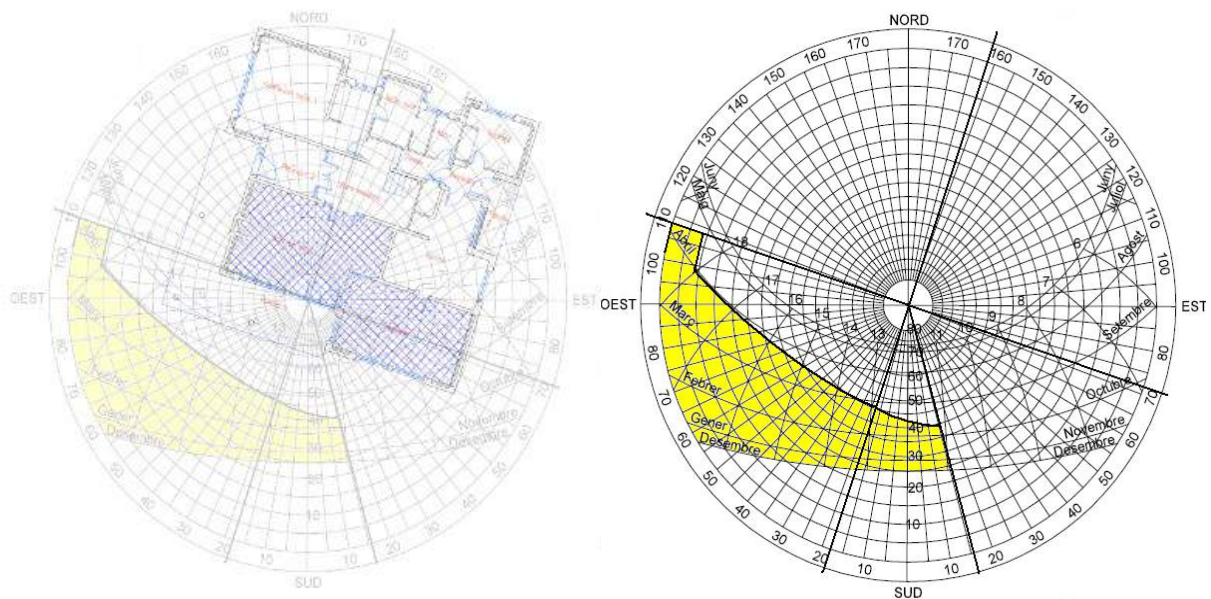


Figura 3.54 Estereográfico de la ventana suroeste 2 de la sala de estar.

Ya se ha reducido el porche a 1,20m por el sur para dejar paso a la radiación que le es favorable y sucede lo mismo que en el caso anterior, le convienen lamas horizontales en vez del porche como protección solar (se añadirán en próximas hipótesis).

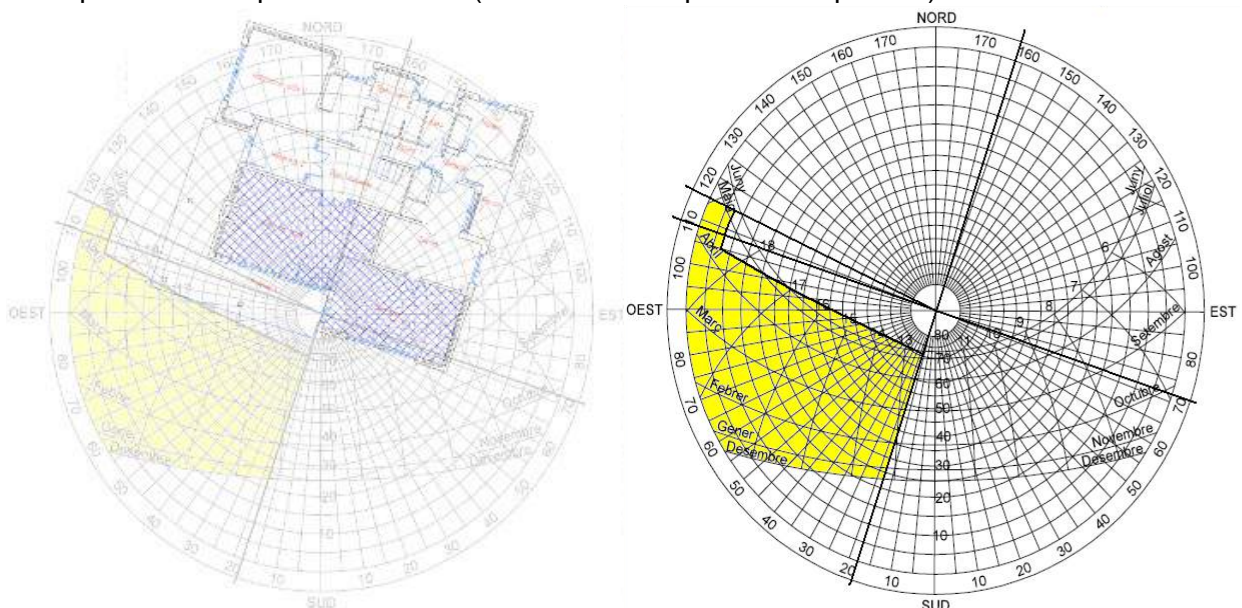


Figura 3.55 Estereográfico de la ventana noroeste del comedor.



El muro oeste deja de afectar y al reducir el porche, disminuye su protección solar, aunque esto no será un problema al añadirle un sistema de lamas.

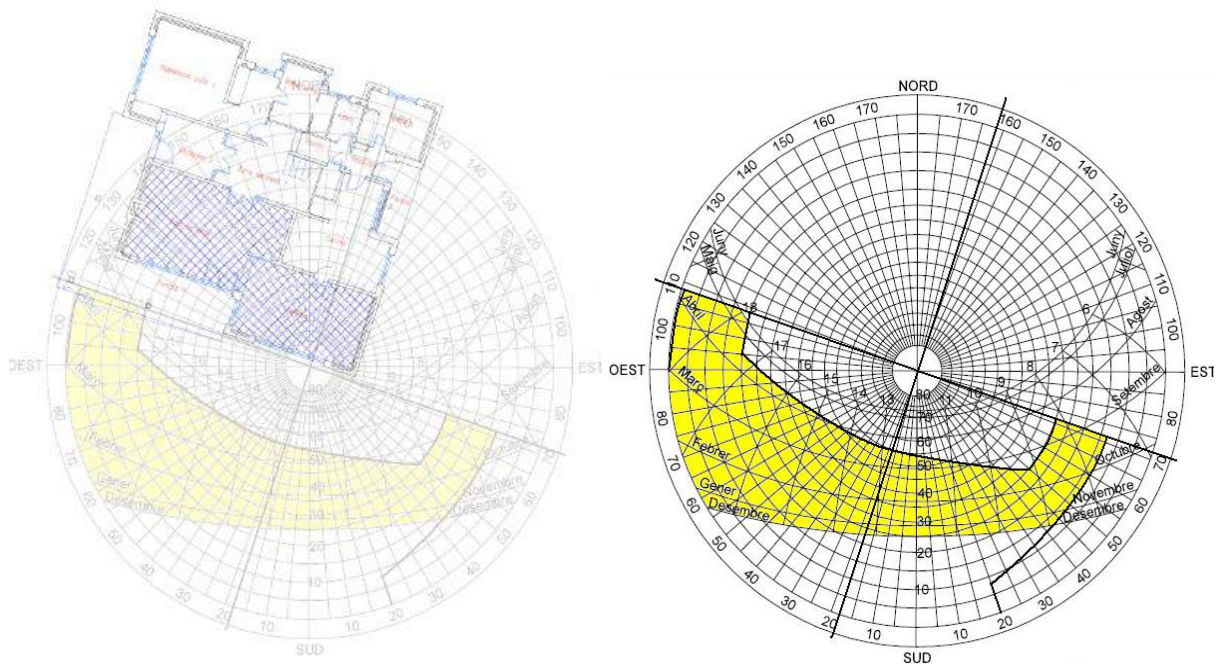


Figura 3.56 Estereográfico de la ventana suroeste del comedor.

Capta muchísima radiación como todas las ventanas sur y deberá tener un sistema de protección solar adecuado (porque pese a que el estereográfico es bastante bueno o favorable, en la parte inferior de la ventana estará entrando radiación de más).

No se ha dibujado el estereográfico de la otra ventana suroeste del comedor porque es prácticamente igual aunque con menos afectación de sombras por parte del muro este (se ha dibujado la desfavorable).

#### Iluminación natural

Continuaría en el mismo estado que en el proyecto original ya que no ha sido modificada ninguna de sus ventanas, aunque aquí como consecuencia de la reducción del porche en sur, se ha aumentado la visión de bóveda celeste y por tanto los lux en el interior de la sala de estar.

El comedor tiene suficiente iluminación natural y en la sala de estar ha habido un aumento de luz natural transmitida por las ventanas sur.

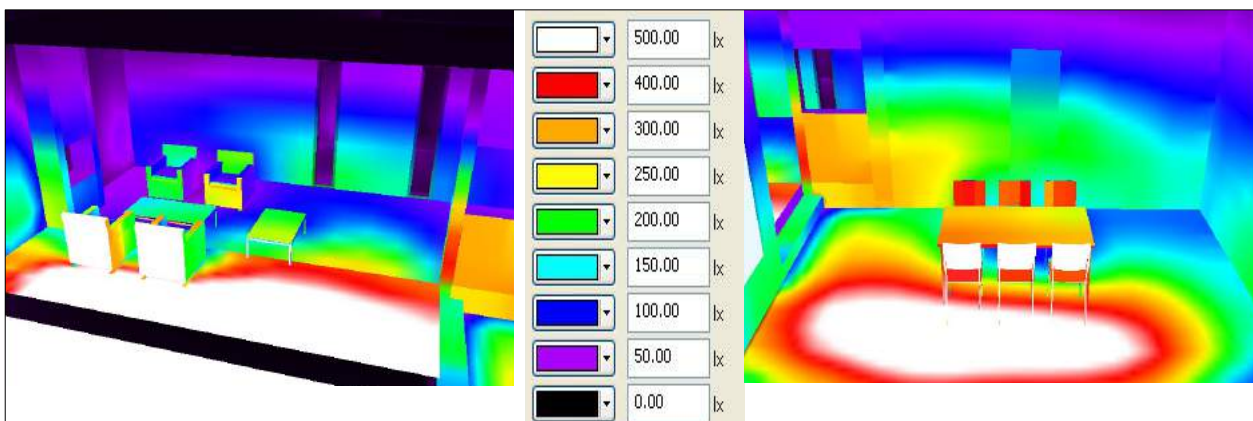


Figura 3.57 Imágenes de la sala de estar-comedor en Dialux.

H) Cocina:

Capacidad de captar radiación solar

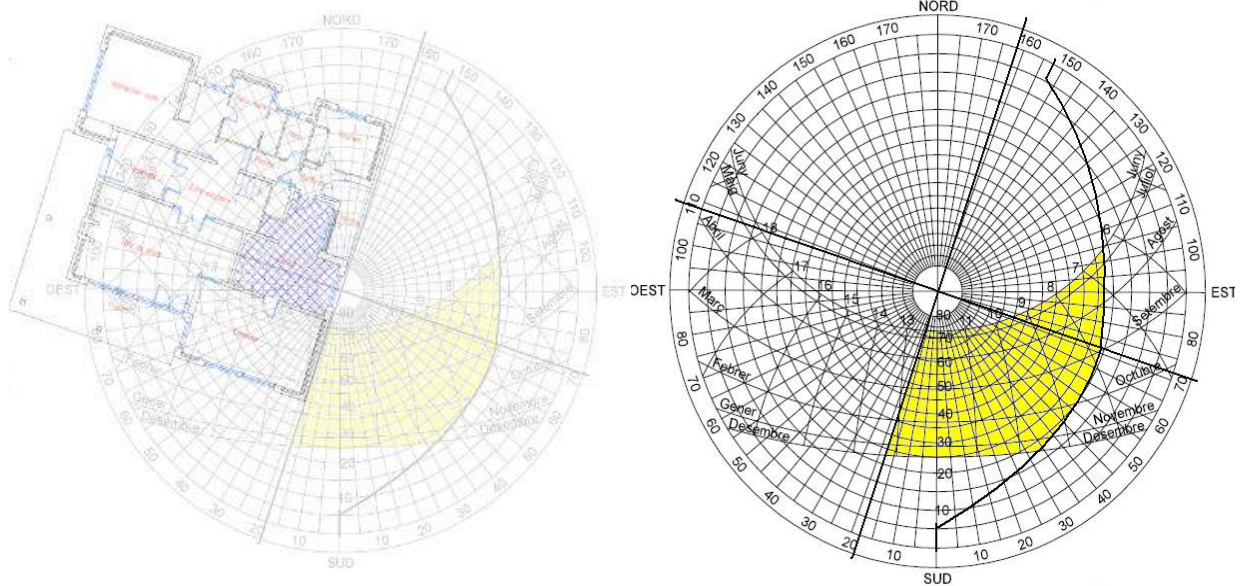


Figura 3.58 Estereográfico de la ventana sureste 1 de la cocina.

Se trata de una ventana orientada al horario de mañanas, se eliminó el voladizo de cubierta porque restaba radiación solar en invierno durante el mediodía y se buscaba maximizar sus propiedades como elemento captador directo (a su vez aumentará también la iluminación natural al eliminar obstrucciones). También se ven reducidas las sombras que creaban los árboles de parcela este a primeras horas de la mañana con el desplazamiento del edificio a sur.

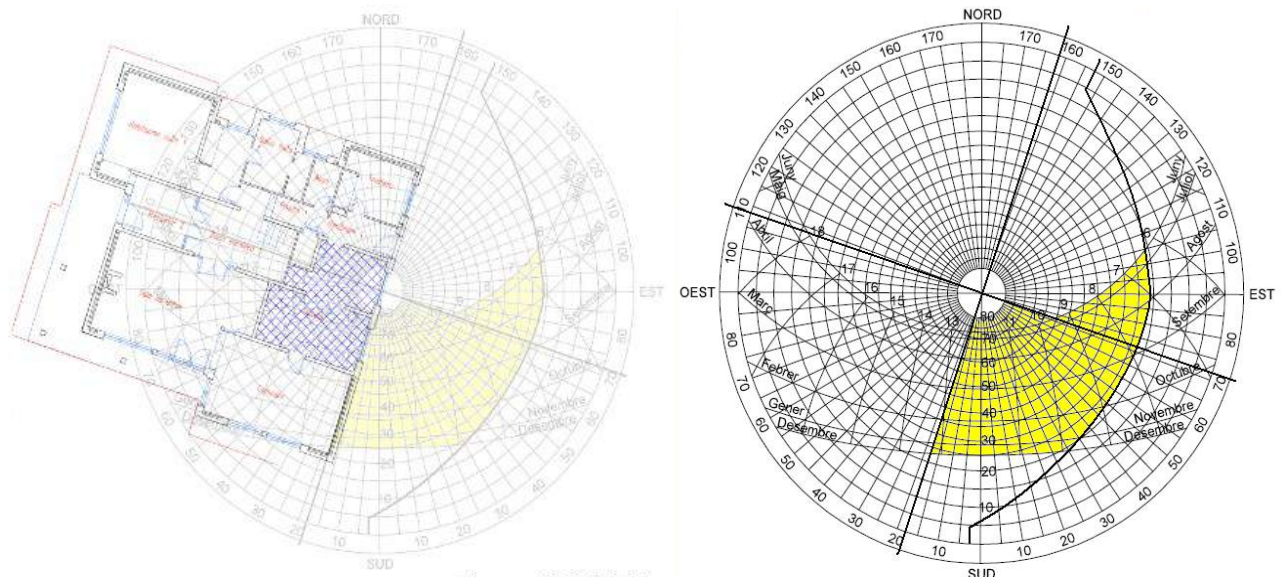


Figura 3.59 Estereográfico de la ventana sureste 2 de la cocina.

Trabaja igual que la anterior, respecto al proyecto original, al alinear la fachada se consigue aumentar la captación de radiación al mediodía (y la iluminación natural), aspecto que junto con la falta de iluminación natural empujaban a aumentar la superficie de esta ventana de manera que quedan dos ventanas de 1,45 x 1,20m (ancho x alto).



En invierno la temperatura interior será notablemente más alta hasta la tarde.

#### Iluminación natural:

Se ha liberado de obstrucciones la ventana norte y además se ha aumentado su tamaño, de modo que el nivel de iluminación natural asciende. Así, se aseguran los 300 lux en la zona del mármol para las tareas de preparación y limpieza y los 150 lux centrales para zonas de paso. En la única zona donde el nivel de iluminación natural es bajo es en la mesa, donde debería alcanzar los 200 lux.

En definitiva las luminarias serán indispensables en la zona de desayuno pero se ha solventado la función principal de la estancia, el uso de cocina con luz natural. La demanda energética bajará por tanto al reducir la necesidad del uso de luminarias.

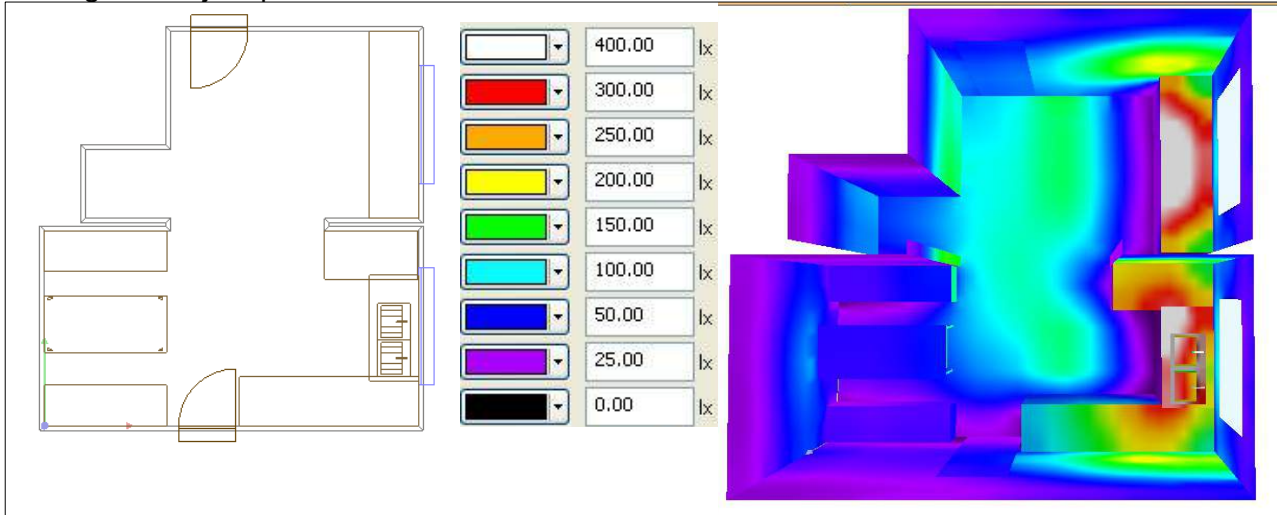


Figura 3.60 Imágenes de la cocina en Dialux.

#### I) Habitación doble 1:

##### Capacidad de captar radiación solar

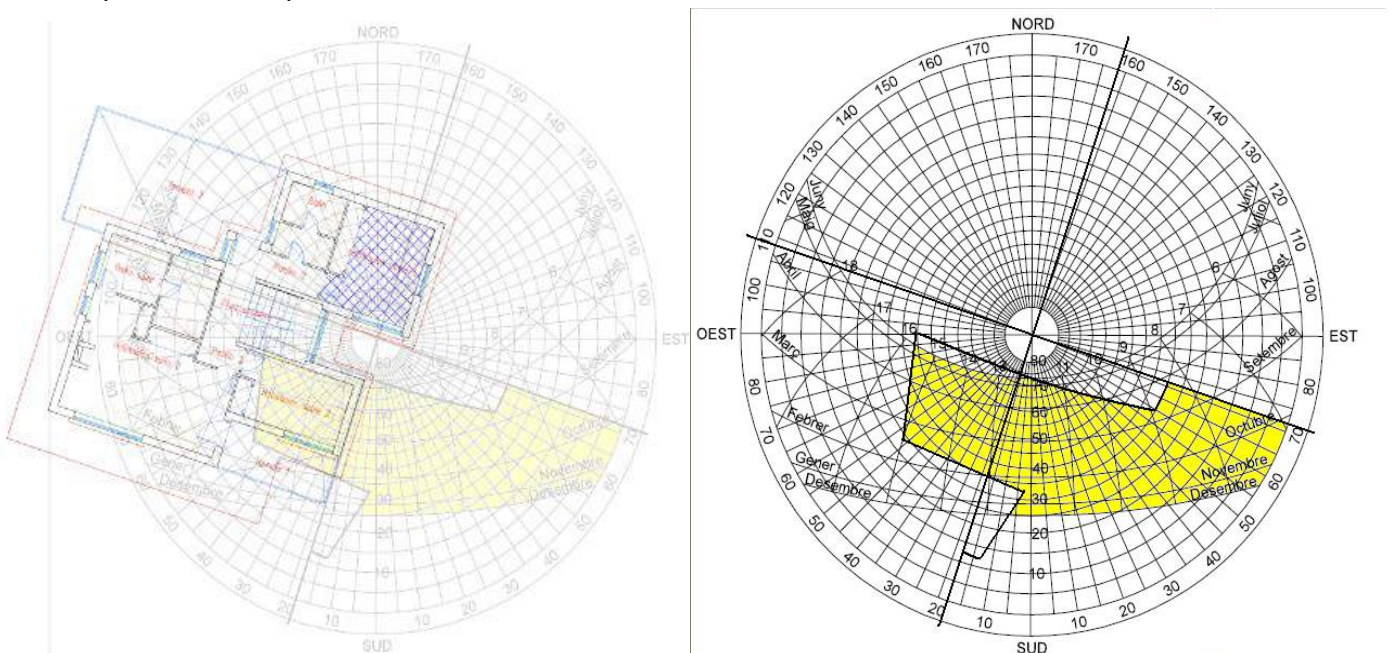


Figura 3.61 Estereográfico de la ventana sur de habitación doble 1.



La ventana pasa a situarse en fachada sur para aprovechar la captación de radiación en épocas frías, por el mismo motivo se redujo el voladizo de cubierta en la hipótesis anterior. De este modo el interior de esta habitación recibirá radiación solar durante más horas en invierno y se alejará menos de la temperatura de confort.

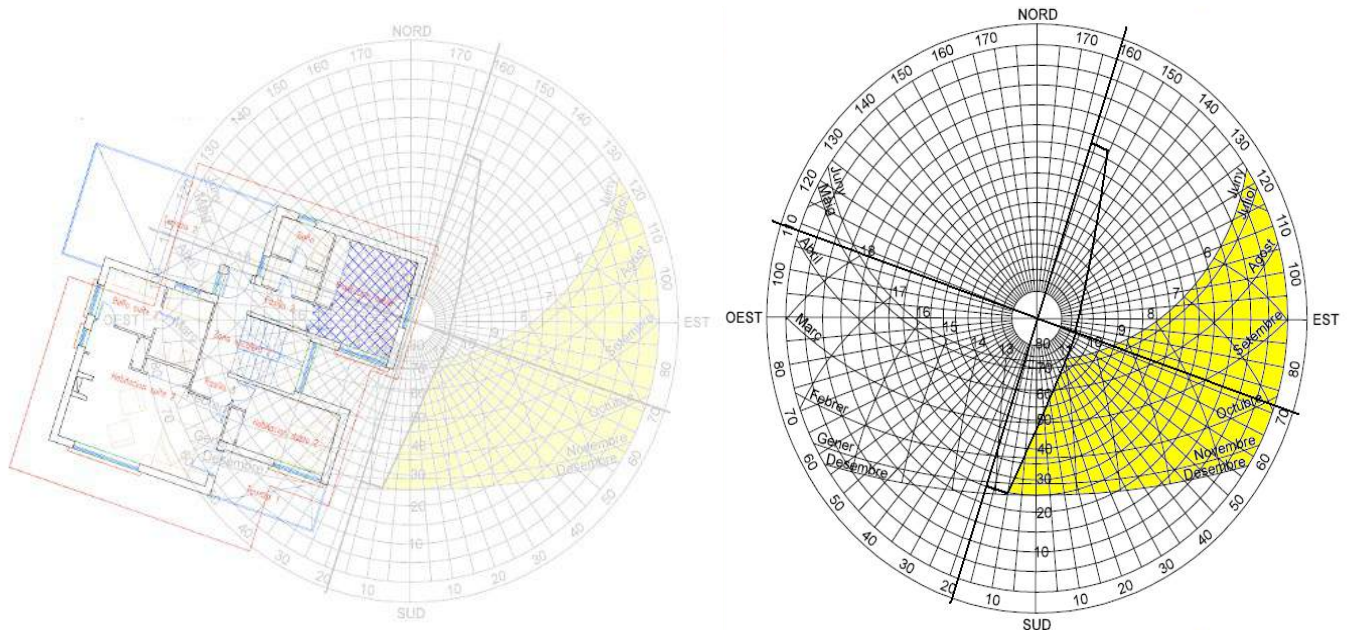


Figura 3.62 Estereográfico de la ventana este de habitación doble 1.

Esta ventana se añade para dar luminosidad a esta estancia ya que con una única ventana en sur era insuficiente (además la ventana sur está bastante obstruida en suroeste). Térmicamente recibirá radiación matutina y será necesario protegerla en verano.

#### Iluminación natural

Se ha aumentado el tamaño de la ventana a 1,30 x 1,20 y se ha cambiado de orientación de norte a sur, de este modo el nivel de iluminación en la zona norte de la estancia se quedaba en 50 lux. Para homogeneizar y aumentar ese nivel de iluminación en la estancia, se añade una segunda ventana a este de 1,20x1,20.

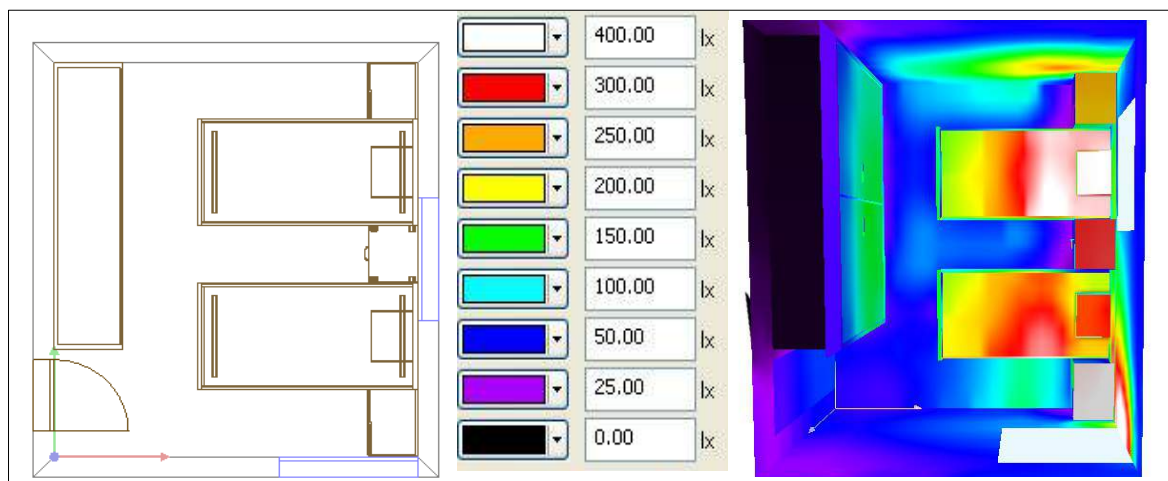


Figura 3.64 Imágenes de la habitación doble 1 en Dialux añadiendo una segunda ventana.

J) Baño:

Capacidad de captar radiación solar

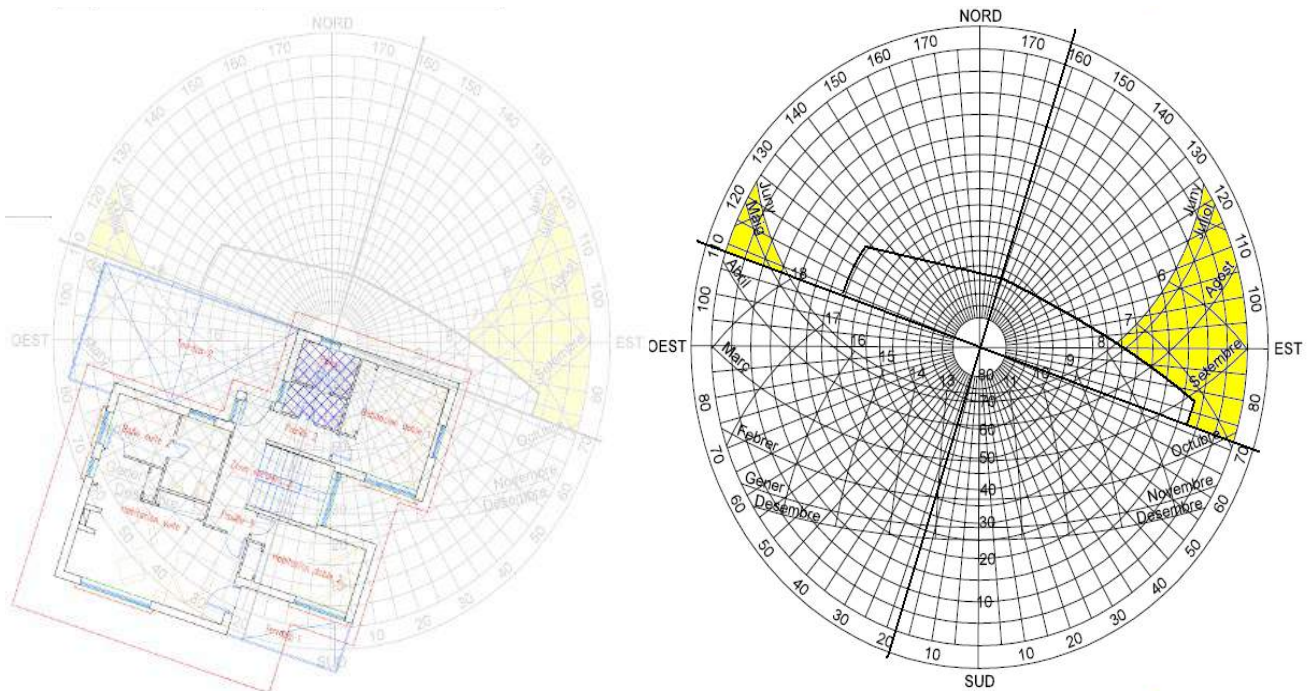


Figura 3.65 Estereográfico de la ventana noreste del baño

Solo recibe radiación perjudicial con lo que será mejor protegerla completamente, su función es exclusivamente por motivos de iluminación, se reduce en ancho de 1,10 a 0,75 metros por este motivo sumado a que se añade superficie de ventana en la zona sur del baño.

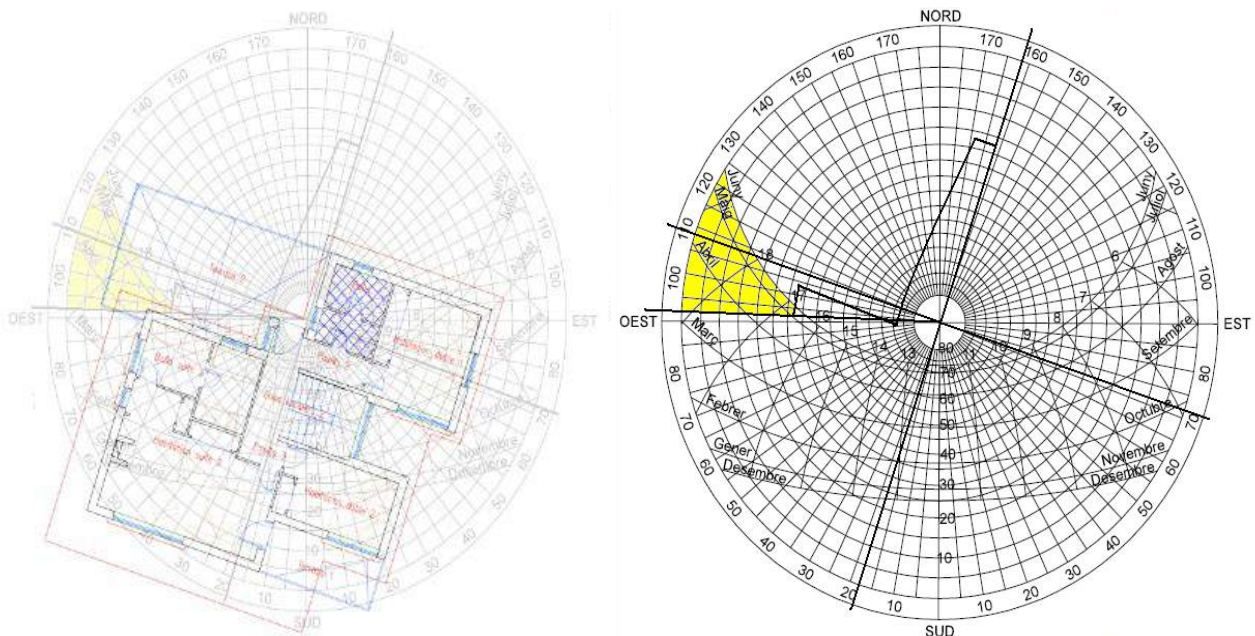


Figura 3.66 Estereográfico de la ventana noroeste del baño

Se añade esta otra ventana para el compartimento del baño que quedaba a oscuras. Del mismo modo que la anterior, esta ventana solo es útil de cara a la iluminación natural y se debe proteger completamente de la radiación solar.



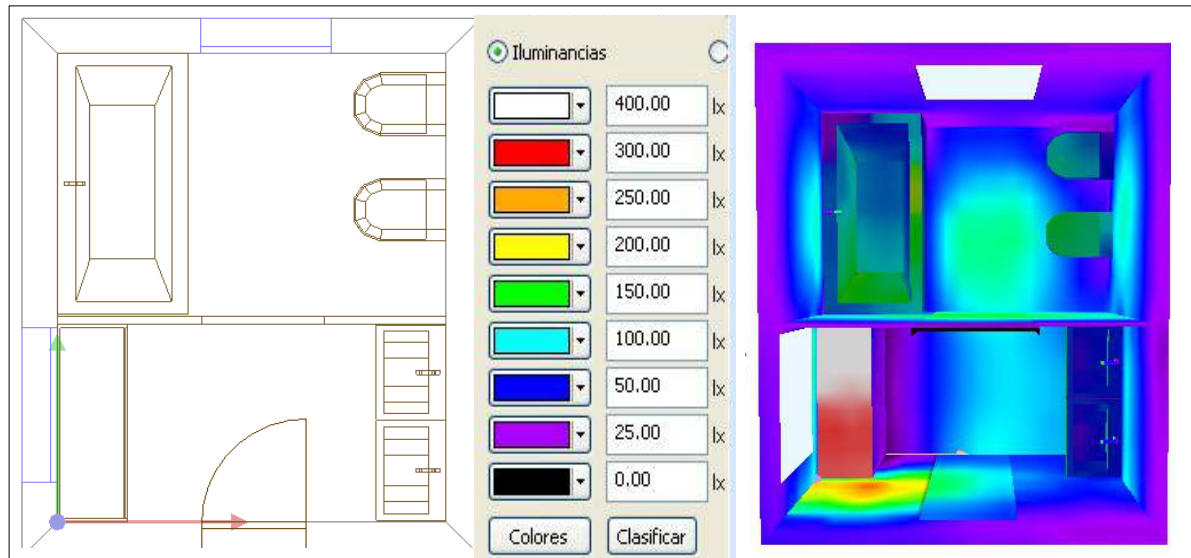
Iluminación natural

Figura 3.67 Imágenes del baño en Dialux

Al haber una partición interior, la zona sur del baño quedaba completamente a oscuras pero añadiendo una ventana en esa zona se consigue mejorar en ese aspecto y pese a que en zona sur no se alcanzan los 150 lux en condiciones de tiempo desfavorables, al cabo del año este aumento en el nivel de iluminación del baño, hará reducir la frecuencia de uso de luminarias.

## K) Habitación doble 2:

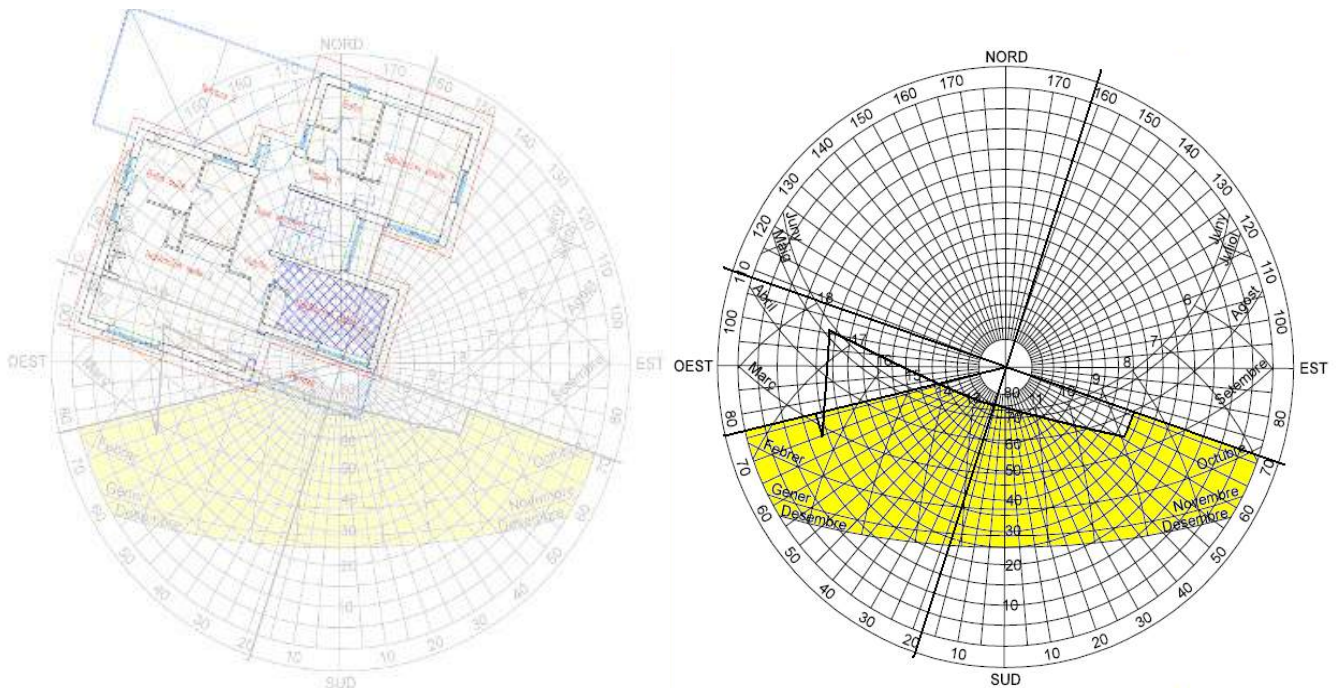
Capacidad de captar radiación solar

Figura 3.68 Estereográfico de la ventana suroeste de la habitación doble 2

La nueva orientación de esta habitación le permite disponer de una ventana suroeste. Ésta será el elemento captador directo encargado de captar toda la radiación solar posible en invierno.

#### Iluminación natural

En esta nueva distribución se obtienen niveles de iluminación similares a la original, algo más altos en la zona de las camas, aunque continua por debajo de lo recomendado en su zona oeste. Ya que su uso principal es tardío-nocturno realmente es difícil reducir la demanda energética por motivos lumínicos en esta estancia, por eso esta ventana prioriza temas térmicos.

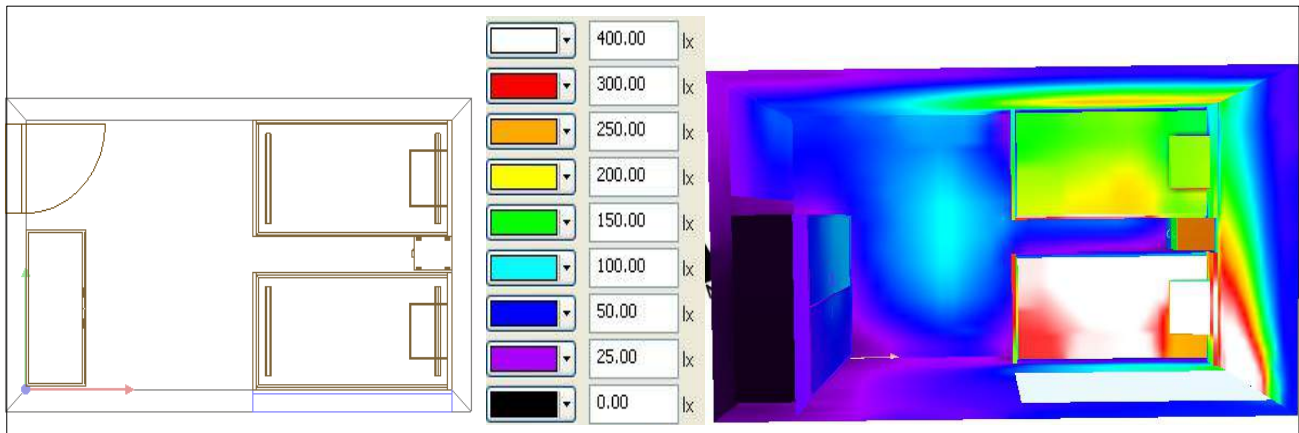


Figura 3.69 Imágenes de la habitación doble 2 en Dialux

L) Pasillos 2 y 3 y zona de escalera 2:

#### Capacidad de captar radiación solar

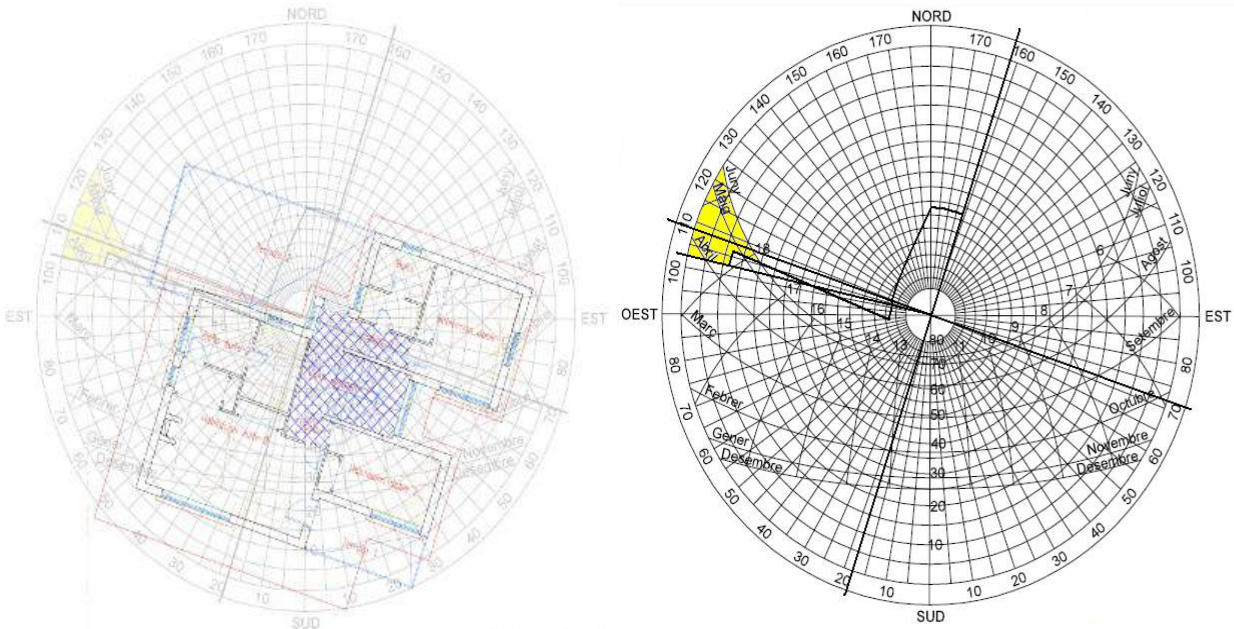


Figura 3.70 Estereográfico de la ventana noroeste del pasillo 2

Al igual que el resto de ventanas del pasillo 2 y la zona de escalera 2, su función es exclusivamente la de proporcionar iluminación natural y deben protegerse de toda radiación solar ya que será perjudicial.



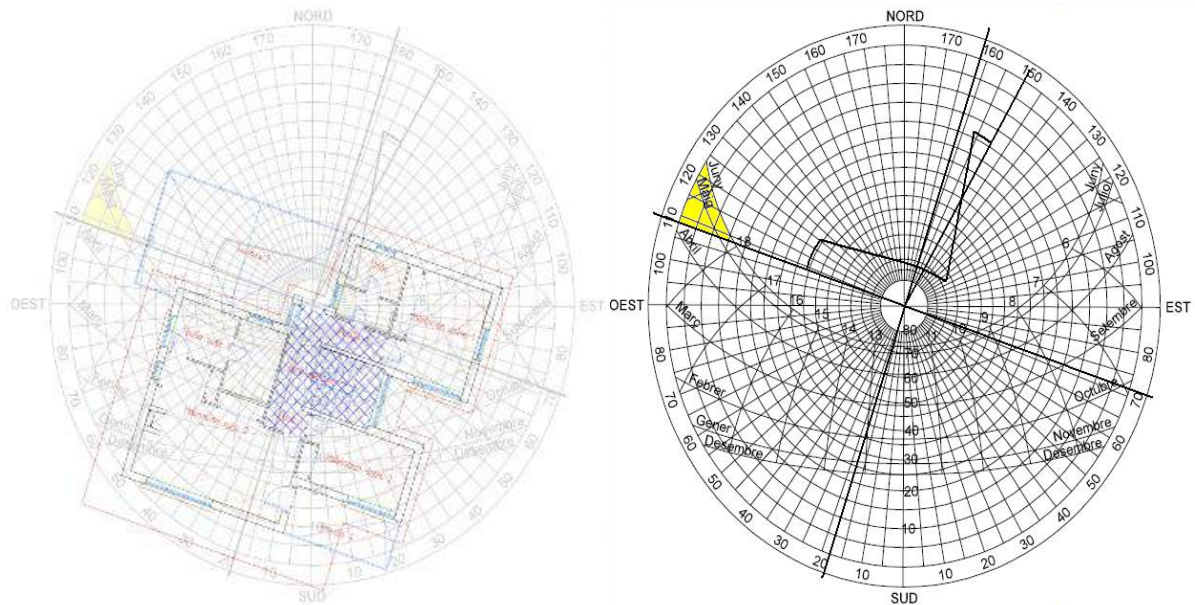


Figura 3.71 Estereográfico de la vidriera de la puerta entre la terraza 2 y el pasillo 2

Cumple una función lumínica, térmicamente capta algo de radiación perjudicial en verano.

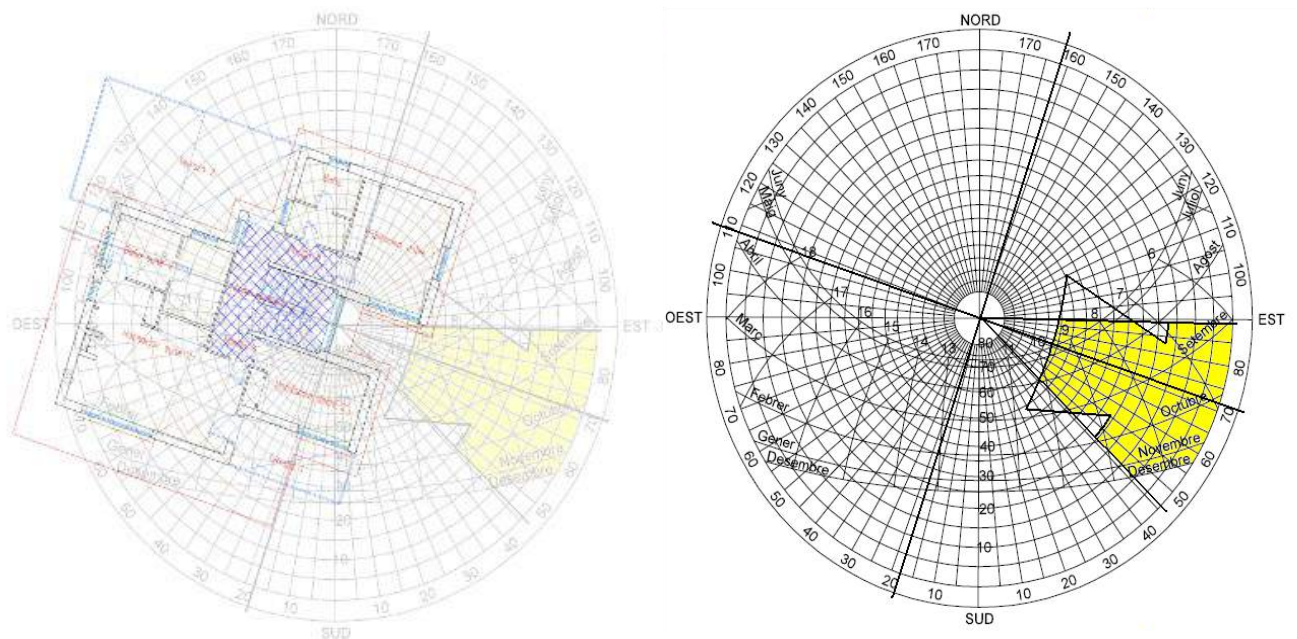


Figura 3.72 Estereográfico de la ventana sureste de la zona de escalera 2

Al haber reducido el voladizo de cubierta ya que entorpecía la captación de radiación de la ventana sur de habitación doble 1, esta ventana comienza a recibir rayos solares. Como se colocarán elementos de protección solar, no importa si ahora no protege.

#### Iluminación natural

Iluminación natural insuficiente en los extremos de los pasillos ya que no disponen de fachada, sucede igual que en la zona de escalera 1. Se han eliminado los tabiques entre los pasillos y la zona de escalera 2 para que se transmita luz natural entre estancias y no queden completamente a oscuras. Continuará siendo necesario el uso de luminarias para alcanzar los 150 lux.



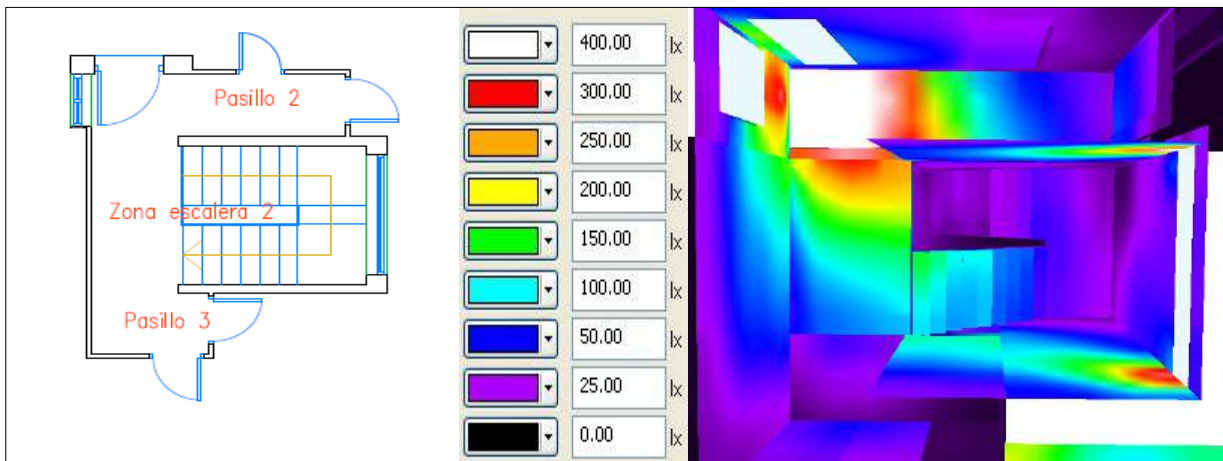


Figura 3.73 Imágenes de los pasillos 2 y 3 y de la zona de escalera 2 en Dialux

M) Habitación suite 2:

#### Capacidad de captar radiación solar

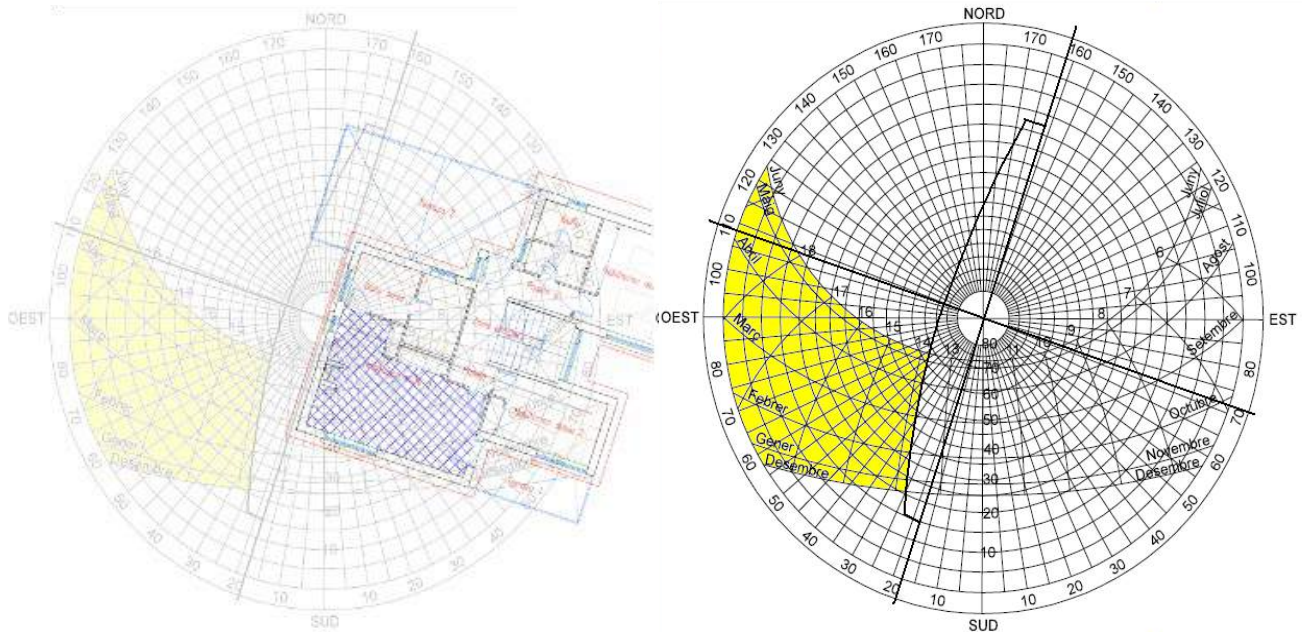


Figura 3.74 Estereográfico de la ventana noroeste de la habitación suite 2

También aquí se redujo ligeramente el voladizo de cubierta para aumentar la capacidad de captación directa ya que se preveían elementos de protección solar que funcionarán de una manera más eficiente. Esta ventana se ha añadido por motivos tanto térmicos como lumínicos, capta radiación tardía adecuada al uso de la estancia e ilumina una zona lejana al resto de ventanas.

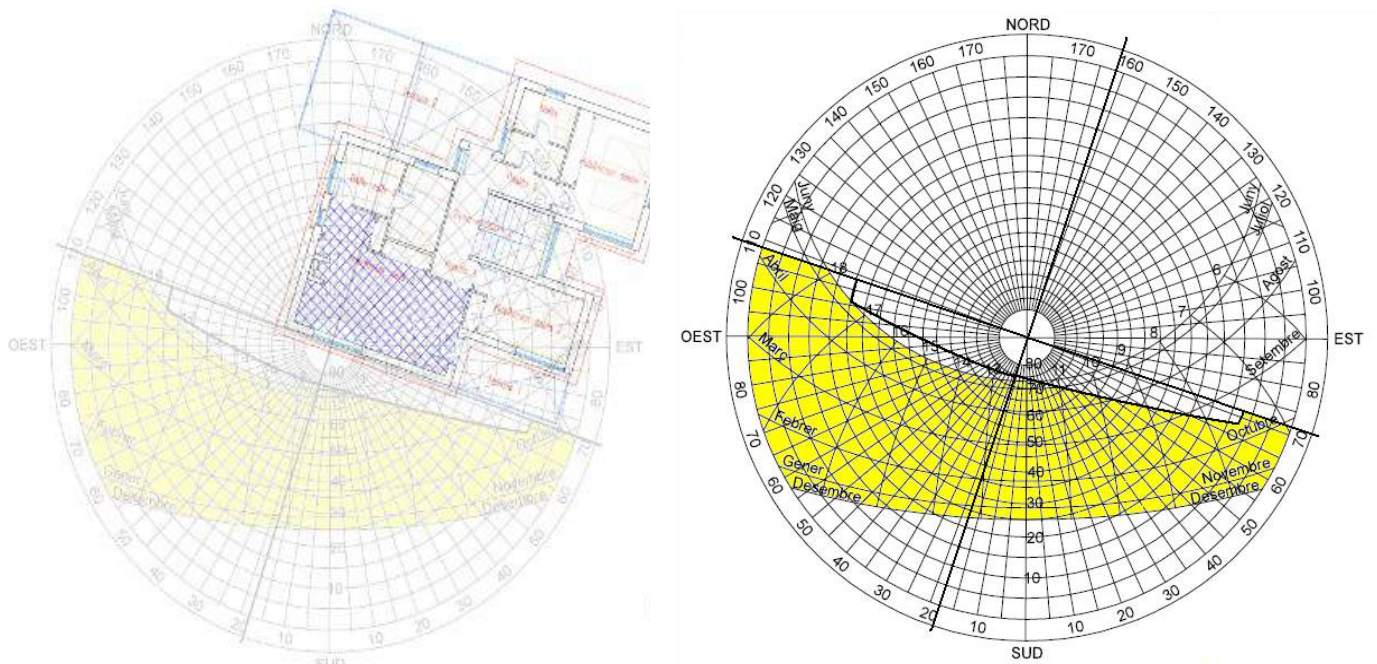


Figura 3.75 Estereográfico de la ventana suroeste de la habitación suite 2

Gran capacidad de captación de radiación que habrá que proteger adecuadamente en verano. La ventana ha sido ampliada para aprovechar su excelente orientación y así poder aumentar algunos grados la temperatura interior en invierno, a la vez que se aumentaba iluminación natural en una estancia tan espaciosa.

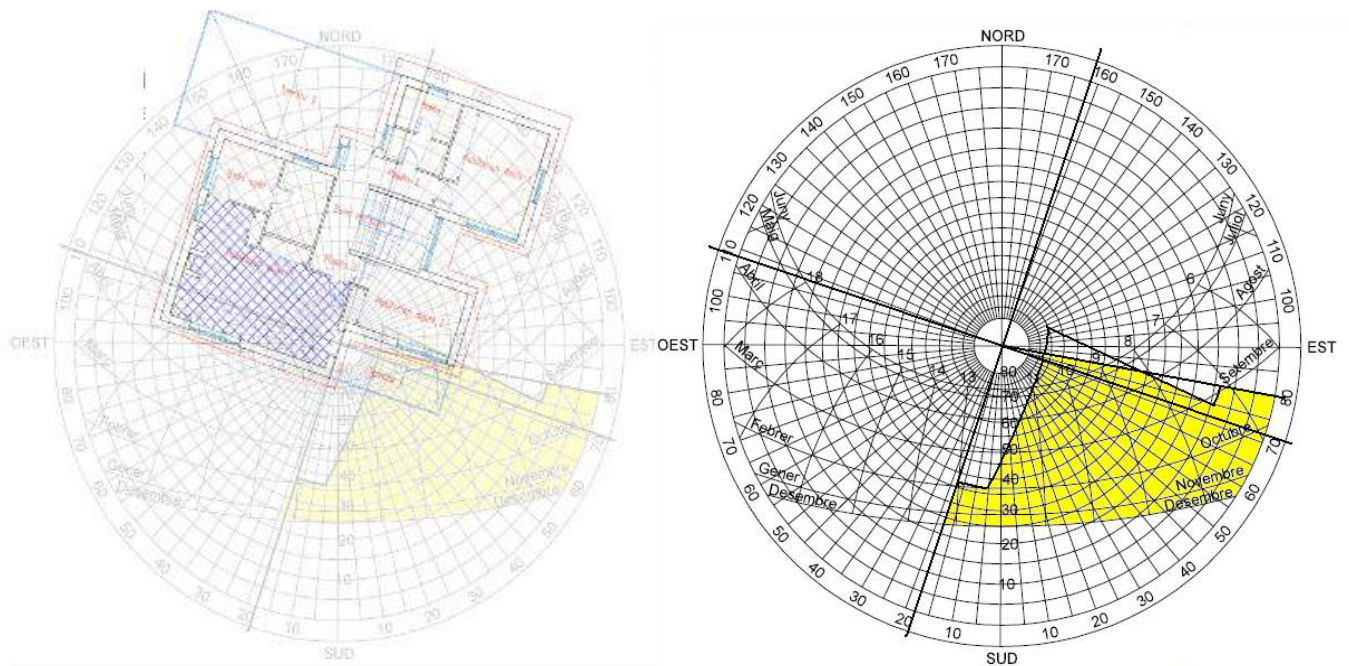


Figura 3.76 Estereográfico de la vidriera de la puerta situada entre la terraza 1 y la habitación suite 2

Se trata de una gran vidriera situada en la misma puerta y conviene maximizar su capacidad de captar rayos solares. El aumento de impacto de esos rayos respecto al proyecto original se da al reducir el voladizo de cubierta, que será innecesario cuando se incorporen elementos de protección solar.



### Iluminación natural

La zona norte a la cama ya se acerca al nivel óptimo de iluminación natural y se ha aumentado el nivel de iluminación en la zona este (principal zona de estar en el dormitorio, junto a los sofás). Es otra de las estancias en las que su horario de uso a penas permite aprovechar la luz natural y su funcionamiento está planteado más bien por motivos térmicos.

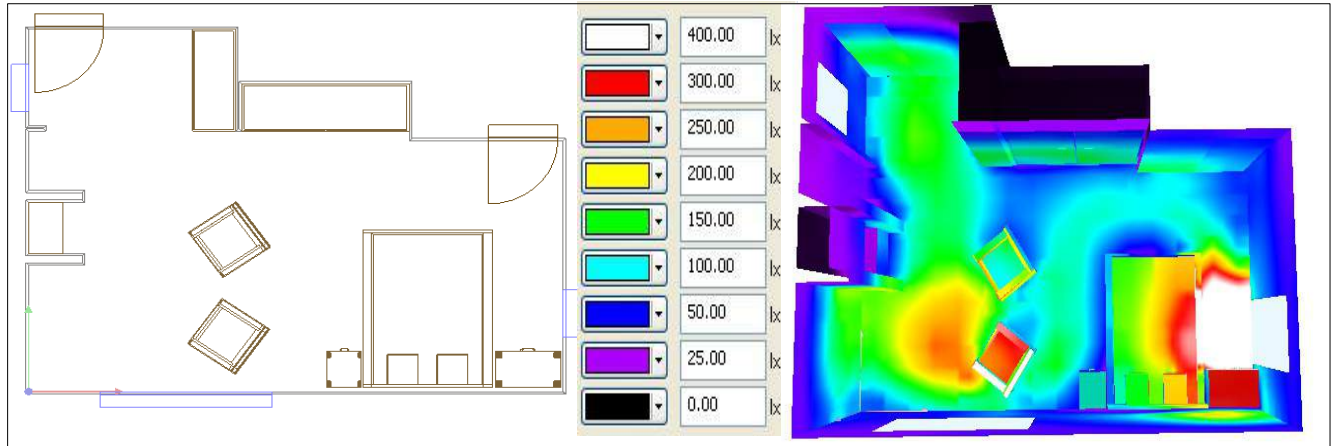


Figura 3.77 Imágenes de la habitación suite 2 en Dialux

N) Baño suite 2:

### Capacidad de captar radiación solar

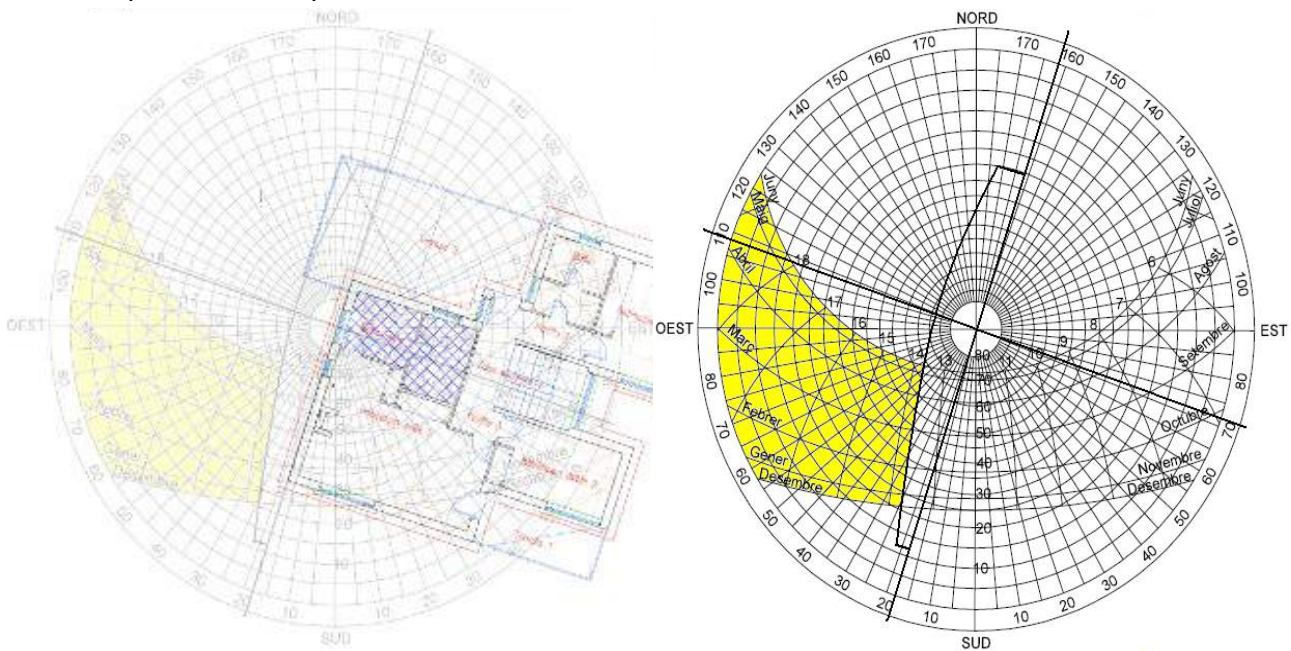


Figura 3.78 Estereográfico de la ventana noroeste del baño suite 2

Es una ventana prácticamente libre de obstáculos, colocada en la mejor orientación de fachada que tiene esta estancia, que pese a encontrarse en una zona fría, será capaz de captar los últimos rayos solares en invierno.

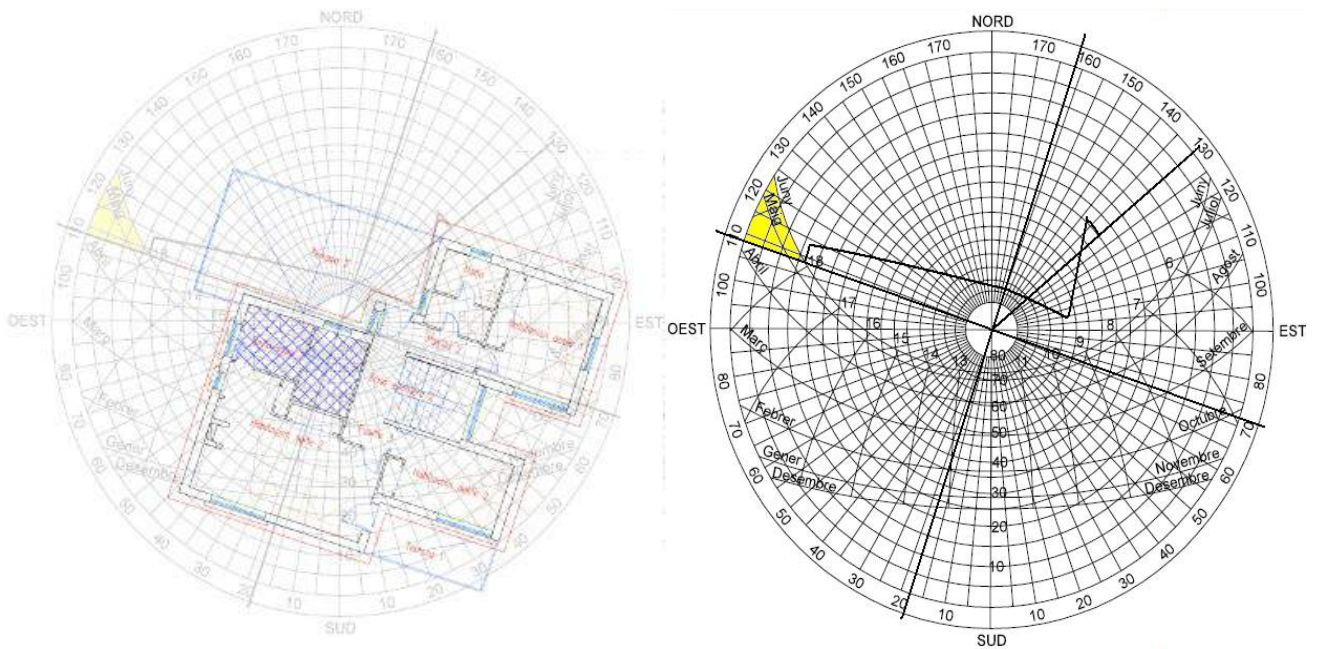


Figura 3.79 Estereográfico de la ventana noreste del baño suite 2

Su colocación es por dar iluminación natural al compartimento este del baño suite 2. La pequeña cantidad de radiación solar que recibe es perjudicial para el interior de esta estancia, pero como se ha explicado anteriormente, no supone un problema en esta hipótesis ya que se tratará en la siguiente.

#### Iluminación natural

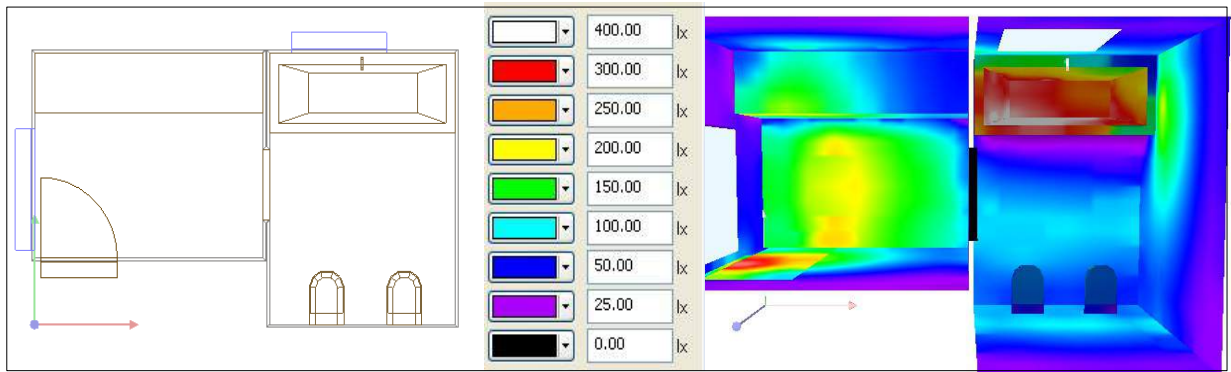


Figura 3.80 Imágenes del baño suite 2 en Dialux

Al haber ventana en ambos compartimentos, cada una de ellas ilumina una zona del baño y ninguna queda a oscuras como ocurría inicialmente. En el compartimento oeste se superan los 150 lux, mientras que en el este únicamente se alcanzará cuando el tiempo sea favorable.

Ñ) Edificio:

Englobando todos estos cambios en cuanto a ventanas exteriores y las modificaciones de las hipótesis anteriores, se obtienen los siguientes resultados:

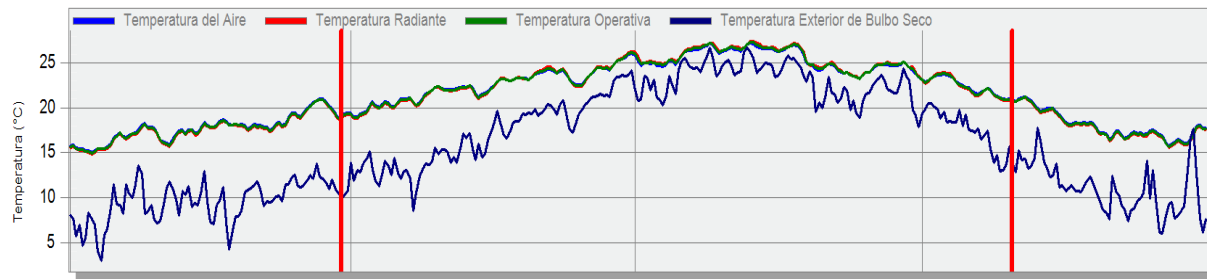


Gráfico 3.37 Temperatura operativa anual hipótesis D.1, reorientación de las aberturas.

De nuevo el objetivo se cumple y continua aumentando la temperatura interior en invierno respecto a la hipótesis anterior. El problema del verano sigue sin tratarse pero no ha subido especialmente la temperatura en los meses cálidos y eso es algo muy favorable.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10470.70	39.76	58.64
Net Site Energy	10470.70	39.76	58.64
Total Source Energy	24845.32	94.34	139.14
Net Source Energy	24845.32	94.34	139.14

Tabla 3.13 Consumo anual de la hipótesis D.1.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4128.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	988.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	549.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1279.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	589.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	39.81	0.00	0.00	0.00	0.00	13.27
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5703.69	4128.78	0.00	0.00	638.23	23.26

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.14 Consumo anual de la hipótesis D.1, por usos.

El consumo anual cae en un valor importante, especialmente en alrededor de 200 kWh anuales referentes a la calefacción como consecuencia de una reducción de la demanda energética, confirma por tanto una mejoría en el proyecto, por este motivo se da por aceptada la hipótesis.



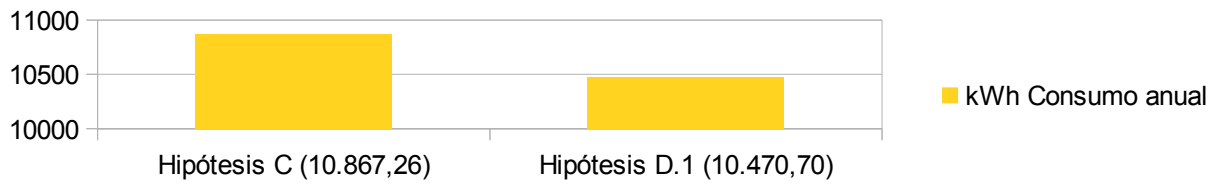


Gráfico 3.38 Comparación de la hipótesis D.1 frente a la hipótesis anterior (C)

### 3.3.4.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR

Dado que la radiación que recibe cada ventana depende de su orientación, es conveniente diferenciar los elementos de protección solar para las ventanas de cada fachada.

#### 3.3.4.2.1 HIPÓTESIS D.2. FACHADA SUROESTE

##### PRUEBA A:

El siguiente sistema de protección solar se define en DesignBuilder con bloques de componente, será un sistema fijo que no dependa del usuario (no regulable) ya que en el proyecto original esta función no depende del usuario y únicamente se colocarán en la fachada suroeste.

Las lamas se encuentran en el exterior de las ventanas para no transmitir el calor que absorben hacia el interior de las estancias.

El sistema de protección solar de esta prueba A está formado por lamas horizontales, éstas son las más eficientes en fachadas sur ya que es donde el sol incide de manera más vertical en verano, que es cuando se busca conseguir sombras.

Se prolongan 15cm a cada lado de la ventana y tienen las siguientes características:

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm.
- Distancia entre lamas: 20cm.



Figura 3.81 Prueba A.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10582.87	40.19	59.27
Net Site Energy	10582.87	40.19	59.27
Total Source Energy	24551.70	93.23	137.50
Net Source Energy	24551.70	93.23	137.50

Tabla 3.15 Consumo prueba A.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4440.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	871.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	575.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1216.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	548.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	35.76	0.00	0.00	0.00	0.00	11.84
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5504.36	4440.28	0.00	0.00	638.23	21.84

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.16 Consumo prueba A, por usos.

Debemos compararlo con la hipótesis C, la cual no disponía de elementos de protección. El sistema no funciona correctamente ya que protege en verano y el consumo por refrigeración baja, pero sombrea muchísimo en invierno y acaba perjudicando en el total. En la siguiente hipótesis se tratará de sombrear menos en invierno aumentando la distancia entre lamas.

#### PRUEBA B:

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm.
- Distancia entre lamas: 40cm.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10335.59	39.25	57.88
Net Site Energy	10335.59	39.25	57.88
Total Source Energy	24402.52	92.66	136.66
Net Source Energy	24402.52	92.66	136.66

Tabla 3.17 Consumo prueba B.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4135.94	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	920.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	557.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1228.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	561.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	37.39	0.00	0.00	0.00	0.00	12.41
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5561.43	4135.94	0.00	0.00	638.23	22.40

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.18 Consumo prueba B, por usos.

En este caso sí se observa una reducción en el consumo del edificio (y por tanto en la demanda energética ya que se mantienen los mismos sistemas activos), en la próxima hipótesis sigo aumentando la distancia entre lamas para ver si continúa esa reducción.

#### PRUEBA C:

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm.
- Distancia entre lamas: 50cm.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10346.17	39.29	57.94
Net Site Energy	10346.17	39.29	57.94
Total Source Energy	24449.48	92.84	136.92
Net Source Energy	24449.48	92.84	136.92

Tabla 3.19 Consumo prueba C.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4129.47	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	929.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	556.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1232.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	564.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	37.73	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5578.47	4129.47	0.00	0.00	638.23	22.52

*Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.*

Tabla 3.20 Consumo prueba C, por usos.

El resultado no es el esperado así que la mejor opción continúa siendo la prueba B. Para orientar las lamas a los rayos más horizontales, procedentes del invierno, se probará inclinar ligeramente las lamas de la prueba B, a ver si de este modo sombrean menos en esa época manteniendo un buen nivel de protección en verano.

#### PRUEBA D:

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm.
- Distancia entre lamas: 40cm.
- Inclinación de 10° hacia arriba.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10303.49	39.13	57.70
Net Site Energy	10303.49	39.13	57.70
Total Source Energy	24382.37	92.59	136.55
Net Source Energy	24382.37	92.59	136.55

Tabla 3.21 Consumo prueba D.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4096.81	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	926.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	553.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1230.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	563.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	37.63	0.00	0.00	0.00	0.00	12.49
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5568.46	4096.81	0.00	0.00	638.23	22.48

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.22 Consumo prueba D, por usos.

Los kWh anuales no descienden en un valor elevado pero esta prueba supera a la prueba B. Se comprobará si inclinando las mismas lamas a 20° continúan mejorando el rendimiento.

#### PRUEBA E:

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm.
- Distancia entre lamas: 40cm.
- Inclinación de 20° hacia arriba.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10272.66	39.01	57.53
Net Site Energy	10272.66	39.01	57.53
Total Source Energy	24386.95	92.60	136.57
Net Source Energy	24386.95	92.60	136.57

Tabla 3.23 Consumo prueba E.



	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4047.72	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	937.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	551.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1234.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	566.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.63
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5586.71	4047.72	0.00	0.00	638.23	22.62

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.24 Consumo prueba E, por usos.

Mejora de nuevo el resultado anterior y esto obliga a lanzar una nueva prueba con una inclinación de 30°.

#### PRUEBA F:

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm.
- Distancia entre lamas: 40cm.
- Inclinación de 30° hacia arriba.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10278.82	39.03	57.56
Net Site Energy	10278.82	39.03	57.56
Total Source Energy	24439.71	92.80	136.87
Net Source Energy	24439.71	92.80	136.87

Tabla 3.25 Consumo prueba F.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4031.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	948.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	555.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1238.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	570.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	38.39	0.00	0.00	0.00	0.00	12.76
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	638.23	9.99
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5608.82	4031.77	0.00	0.00	638.23	22.75

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.26 Consumo prueba F, por usos.

Quedan concluidas las pruebas de lamas para fachada suroeste ya que el funcionamiento del sistema de protección solar de la prueba E es el que ofrece un mayor rendimiento en relación al conjunto de pruebas realizadas. En la próxima hipótesis el edificio ya contará con la instalación de estas lamas en fachada suroeste.

#### DISEÑO DE LAMAS ESCOGIDO PARA LA HIPÓTESIS D.2: PRUEBA E



Figura 3.82 Visualización de la fachada suroeste con las lamas de la prueba E.

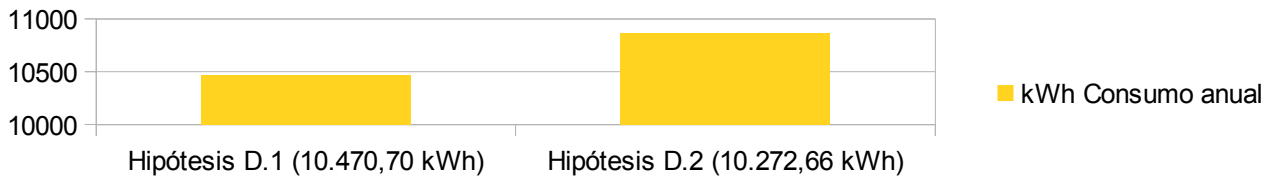


Gráfico 3.39 Comparación de la hipótesis D.2 frente a la hipótesis anterior (D.1)

La caída tan brusca en el consumo se debe a que esta es la fachada más expuesta a radiación solar y la que más necesidad tenía de protegerse del sol en verano.

### 3.3.4.2.2 HIPÓTESIS D.3. FACHADA NORESTE

#### PRUEBA G:

Como el sol incide de manera lateral y horizontal, se debe proteger con lamas verticales. Como expliqué en los análisis con los estereográficos de cada ventana, esta orientación de fachada no tiene posibilidades de captar radiación solar en invierno y por tanto el 100% de radiación que captan sus ventanas es perjudicial y debe protegerse completamente.

Para ello, se debe proteger por el oeste en un ángulo mayor a  $124 - 108,15 = 15,85^\circ$  y en este en uno mayor a  $124 - 71,85 = 52,15^\circ$ .

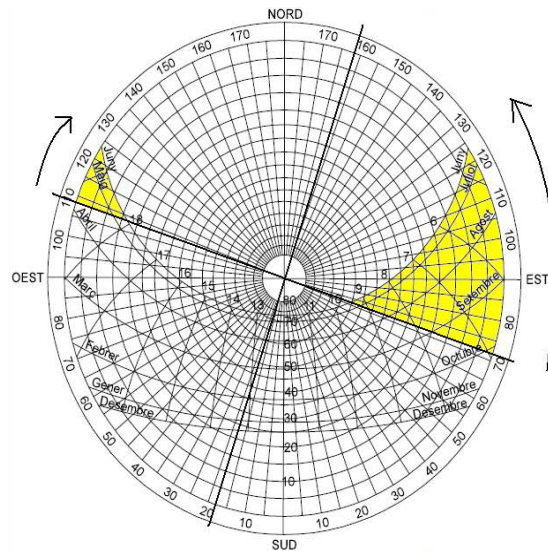


Figura 3.83 Ángulos a proteger en la fachada noreste.

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 15cm a este, 3cm a oeste.
- Distancia entre lamas: 10cm.

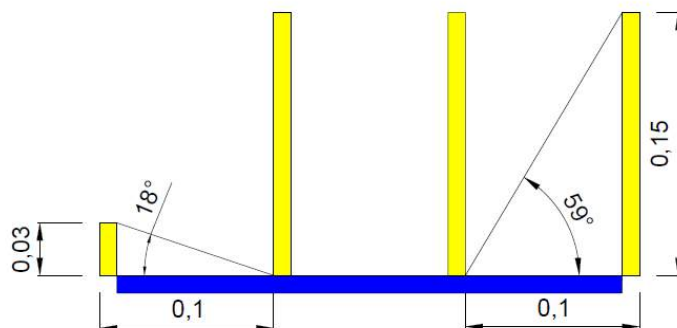


Figura 3.84 Lamas verticales prueba G.

A las ventanas que no reciban radiación a este sólo se les añadirán lamas a oeste y a las que no reciban radiación a oeste sólo se les añadirán a este. Si no reciben radiación obviamente no serán protegidas.

En la puerta vidriera del pasillo 2 irá una única lama vertical de 30cm de ancho que ya asegura cubrir ese ángulo de 15,85°.

Para asegurar que los rayos no entren por encima de las lamas, éstas se prolongarán 15cm sobre la altura de las ventanas.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	10260.87	38.95	57.43
Net Site Energy	10260.87	38.95	57.43
Total Source Energy	24178.24	91.78	135.33
Net Source Energy	24178.24	91.78	135.33

Tabla 3.27 Consumo prueba G.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m <sup>3</sup> ]
Heating	0.00	4130.23	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	881.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	563.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1206.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	546.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	35.90	0.00	0.00	0.00	0.00	11.89
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	639.31	10.01
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5491.33	4130.23	0.00	0.00	639.31	21.90

*Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.*

Tabla 3.28 Consumo prueba G, por usos.

De este modo ya se está protegiendo de toda radiación en norte y por tanto no es necesario realizar más pruebas en esta fachada. La reducción de demanda energética con la protección solar en fachada norte es tan escasa porque en estas ventanas a penas llega radiación solar, además los primeros rayos solares en especial son los que menos energía radian. Por este motivo, generalmente no se colocan sistemas de protección solar en norte. En este proyecto se instalarán estas lamas puesto que el objetivo de reducir la demanda energética lo cumplen.



DISEÑO DE LAMAS ESCOGIDO PARA LA HIPÓTESIS D.3: PRUEBA G

Figura 3.85 Visualización de la fachada noreste con las laminas de la prueba G.

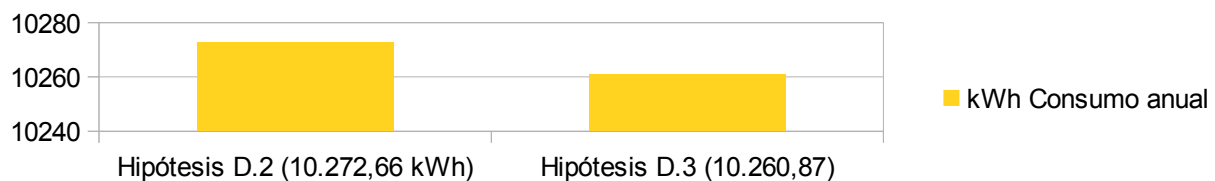


Gráfico 3.39 Comparación de la hipótesis D.3 frente a la hipótesis anterior (D.2)

**2.3.4.2.3 HIPÓTESIS D.4. FACHADA SURESTE****PRUEBA H:**

En este conviene laminas verticales para proteger de los primeros rayos solares del verano. Se prolongarán 15 cm sobre cada ventana.

Para que la puerta vidriera de entrada al recibidor 1 pueda abrirse, la primera lama (a este) irá colocada en la fachada y el resto en la misma puerta, a cambio de no poderse prolongar 15 cm sobre la puerta, se colocará una lama horizontal en la parte superior, de 10cm de ancho.

En la puerta vidriera de habitación suite 2 se eliminan las protecciones verticales porque tal y como muestra su estereográfico no las necesita ya que no recibe radiación del este y apenas tiene ganancias por radiación en verano como para añadir laminas horizontales.

- Laminas verticales.
- Grosor de las laminas: 1cm.
- Ancho de las laminas: 10cm.
- Distancia entre laminas: 15cm.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10355.91	39.31	57.97
Net Site Energy	10355.91	39.31	57.97
Total Source Energy	24134.00	91.61	135.09
Net Source Energy	24134.00	91.61	135.09

Tabla 3.29 Consumo prueba H.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4295.97	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	846.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	564.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1183.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	534.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	34.56	0.00	0.00	0.00	0.00	11.42
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	639.31	10.01
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5420.63	4295.97	0.00	0.00	639.31	21.43

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.30 Consumo prueba H, por usos.

Esta protección de lamas en fachada sureste no mejora la hipótesis anterior porque sombrea en invierno.

En la próxima hipótesis se inclinarán las lamas 45° hacia el sur para orientar la captación de radiación solar en esa época (donde el sol sale más hacia el sur).

#### PRUEBA I:

- Lamas verticales.
- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 10cm.
- Distancia entre lamas: 15cm.
- Inclinación de 45° hacia el sur (excepto la primera lama de la puerta del recibidor 1).

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10218.22	38.79	57.20
Net Site Energy	10218.22	38.79	57.20
Total Source Energy	23959.93	90.95	134.11
Net Source Energy	23959.93	90.95	134.11

Tabla 3.31 Consumo prueba I.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4170.19	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	837.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	596.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1152.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	530.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	34.18	0.00	0.00	0.00	0.00	11.29
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	639.31	10.01
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5408.72	4170.19	0.00	0.00	639.31	21.31

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.32 Consumo prueba I, por usos.

Existe una mejoría en el funcionamiento de las lamas ya que se abren al sur, protegiendo de la radiación procedente del este (verano). Para acercarse al punto óptimo se probará abriendo aún más las lamas al sur.

#### PRUEBA J:

- Lamas verticales.
- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 10cm.
- Distancia entre lamas: 15cm.
- Inclinación de 60° hacia el sur (excepto la primera lama de la puerta del recibidor 1).

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10209.85	38.76	57.15
Net Site Energy	10209.85	38.76	57.15
Total Source Energy	23890.43	90.69	133.72
Net Source Energy	23890.43	90.69	133.72

Tabla 3.33 Consumo prueba J.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4190.83	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	823.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	596.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1143.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	525.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	33.61	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	639.31	10.01
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5379.71	4190.83	0.00	0.00	639.31	21.12

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.34 Consumo prueba J, por usos.

En la siguiente prueba se distanciarán más las lamas por si al haber orientado las lamas al sur, cuando el sol incide perpendicular a la ventana sombrean en exceso.

#### PRUEBA K:

- Lamas verticales.
- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 10cm.
- Distancia entre lamas: 20cm.
- Inclinación de 60° hacia el sur (excepto la primera lama de la puerta del recibidor 1).

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10188.04	38.67	57.03
Net Site Energy	10188.04	38.67	57.03
Total Source Energy	23893.48	90.70	133.74
Net Source Energy	23893.48	90.70	133.74

Tabla 3.35 Consumo prueba K.



	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4156.21	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	837.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	574.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1158.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	530.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	34.20	0.00	0.00	0.00	0.00	11.30
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	639.31	10.01
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5392.52	4156.21	0.00	0.00	639.31	21.31

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.36 Consumo prueba K, por usos.

Estos resultados ya parecen aceptables y este sistema de lamas será el que protegerá la fachada sureste.

#### DISEÑO DE LAMAS ESCOGIDO PARA LA HIPÓTESIS D.4: PRUEBA K



Figura 3.86 Visualización de la fachada sureste con las lamas de la prueba K.

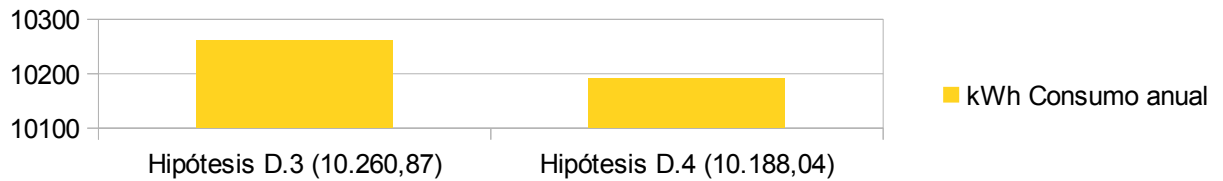


Gráfico 3.40 Comparación de la hipótesis D.4 frente a la hipótesis anterior (D.3)

## 3.3.4.2.4 HIPÓTESIS D.5. FACHADA NOROESTE

PRUEBA L:

Conviene lamas verticales para proteger de los últimos rayos solares del verano. Se prolongarán 15 cm sobre cada ventana.

- Grosor de las lamas: 1cm.
- Ancho de las lamas: 10cm.
- Distancia entre lamas: 20cm.
- Inclinación de 60° hacia el sur, excepto en el baño que serán perpendiculares a la ventana ya que no recibe radiación del sur.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	10153.38	38.54	56.83
Net Site Energy	10153.38	38.54	56.83
Total Source Energy	23610.57	89.62	132.16
Net Source Energy	23610.57	89.62	132.16

Tabla 3.37 Consumo prueba L.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4239.34	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	780.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	580.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2257.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1111.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	512.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	32.17	0.00	0.00	0.00	0.00	10.53
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	639.31	10.01
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5274.74	4239.34	0.00	0.00	639.31	20.54

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.38 Consumo prueba L, por usos.

Ya que se hicieron varias pruebas en la fachada sureste con lamas verticales, esta vez no se harán más pruebas con distintos ángulos ya que reducir a 45° significaría captar radiación más tardía y en esta fachada los rayos solares del invierno tienen una dirección muy

marcada y provienen del sur. La reducción de demanda energética es baja al tener orientación ligeramente a norte, los últimos rayos solares del verano, que son los que filtra este sistema de protección solar, no suponen grandes aumentos en cuanto a refrigeración.

#### DISEÑO DE LAMAS ESCOGIDO PARA LA HIPÓTESIS D.5: PRUEBA L



Figura 3.87 Visualización de la fachada noroeste con las lamas de la prueba L.

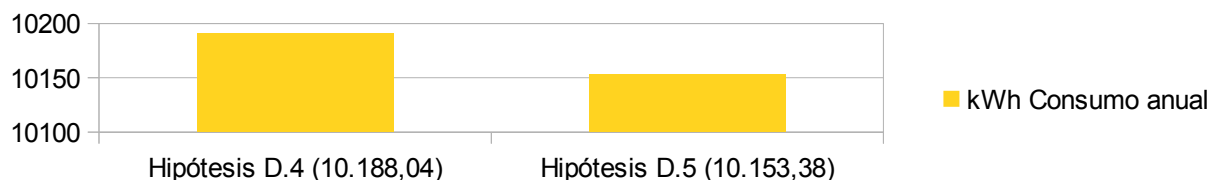


Gráfico 3.41 Comparación de la hipótesis D.5 frente a la hipótesis anterior (D.4)

### 3.3.5 HIPÓTESIS E. ENVOLVENTE TÉRMICA

No se pretenden realizar grandes cambios en la envolvente térmica, pero sí en los puntos donde puedan haber más necesidades para reducir la demanda energética. Las mejoras deben conseguir aislar las zonas interiores del calor exterior en verano (reduciendo así la demanda de refrigeración), reducir las pérdidas de calor en invierno (con lo que reducimos la demanda de calefacción) o favorecer la ventilación cruzada.

#### 3.3.5.1 HIPÓTESIS E.1. FACHADA

Al no tener cámara de aire la fachada actual, se debería actuar sobre la fachada para reducir la demanda energética, al menos añadiendo una capa de cámara de aire.

Se propone sustituir la fachada anterior por una fachada ventilada, donde es el muro resistente el que da al interior ya que es una solución que ofrece varias ventajas. El aislamiento térmico se aumenta al añadir una cámara de aire por la que van los travesaños y montantes de la estructura metálica que anclan las placas cerámicas (de modo que el

acabado no sea muy distinto al original) del exterior al muro resistente. Como consecuencia la fachada aumenta su grosor en 4 cm.

La fachada ventilada ofrece ciertas ventajas respecto a la anterior, las más importantes son:

- Efecto chimenea en verano. Los rayos solares impactan sobre el revestimiento exterior y no sobre el muro resistente, esto hace que el aire comprendido en la cámara de aire se caliente y disminuya su densidad, por consiguiente ese aire cálido asciende por convección y deja paso a un nuevo aire más frío.

Si a esto le sumamos la capa de lana de roca, el muro de fábrica en contacto con el interior consigue llegar en unas condiciones de un muy elevado aislamiento térmico.

- Acumulador de calor en invierno. El calor se captará a través de las ventanas. La fachada actuará como acumulador de calor gracias al muro de fábrica interior y la capa de aislamiento térmico, de este modo se reducen las pérdidas de calor del interior al exterior.

- Elimina posibles puentes térmicos. Al construir el muro de fábrica en la capa interior de la fachada, no hay problemas de puentes térmicos en las uniones con los forjados ya que el aislamiento térmico tiene continuidad en todo momento.

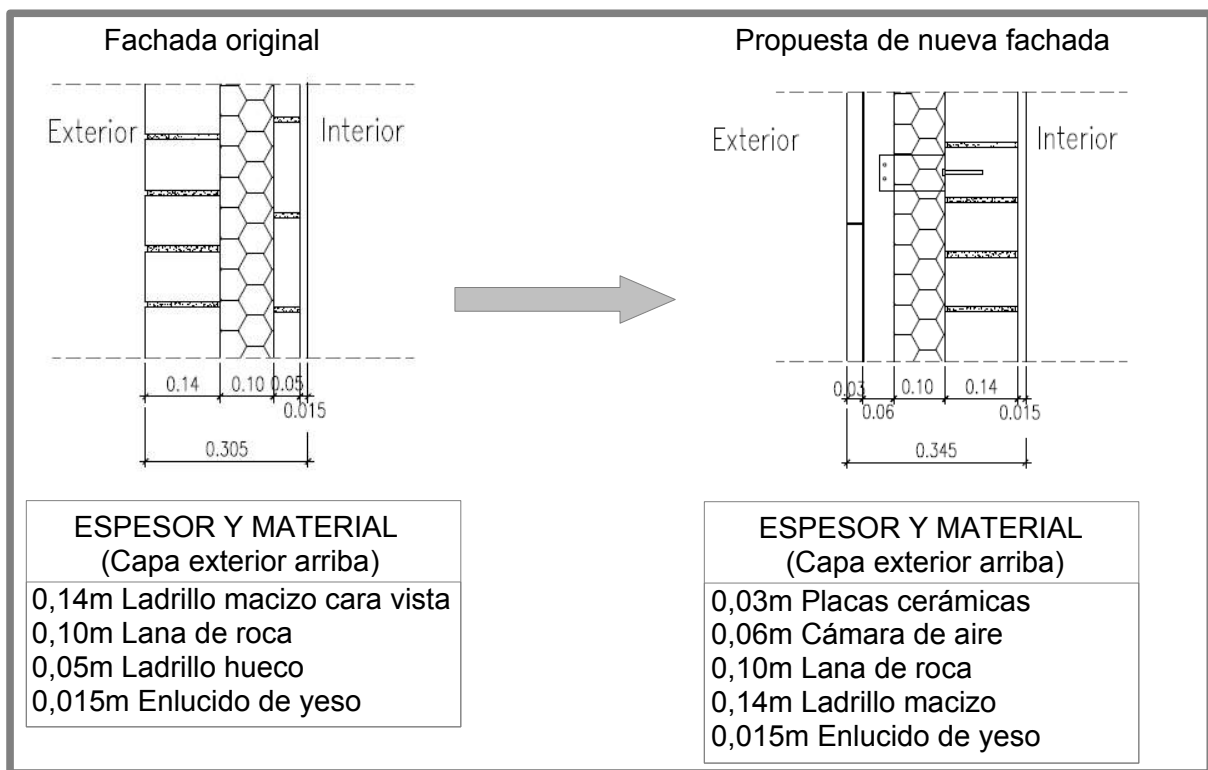


Figura 3.88 Propuesta de cambio de fachada

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	10000.91	38.38	56.88
Net Site Energy	10000.91	38.38	56.88
Total Source Energy	22912.55	87.92	130.32
Net Source Energy	22912.55	87.92	130.32

Tabla 3.39 Consumo hipótesis E.1.



	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4340.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	692.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	570.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2226.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1031.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	481.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	28.81	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	628.61	9.84
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5031.97	4340.33	0.00	0.00	628.61	19.22

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.40 Consumo hipótesis E.1, por usos.

El consumo cae por la refrigeración lo que significa que esta nueva fachada ofrece mejoras respecto a la anterior por su funcionamiento en verano y es lógico ya que se reduce el calor que se transmitía desde el exterior hacia el interior gracias a su cámara ventilada.

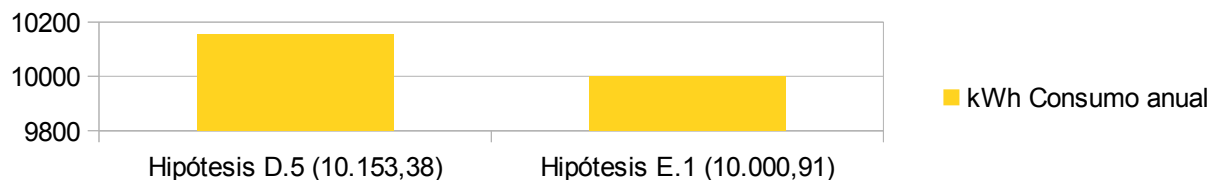


Gráfico 3.42 Comparación de la hipótesis E.1 frente a la hipótesis anterior (D.5)

### 3.3.5.2 HIPÓTESIS E.2. CUBIERTAS Y SUELOS

No se modifican las cubiertas ni los suelos a excepción de que propongo una mejora en el aislamiento de los espacios bajo cubierta añadiendo una capa de aislamiento térmico sobre el suelo bajo cubierta, entre tabiques conejeros, porque la resistencia térmica del aislante es muy superior a la de una cámara de aire (entre 5 y 10 veces si no es ventilada y si aún más si lo es). De este modo en invierno se reducirán las pérdidas de calor.

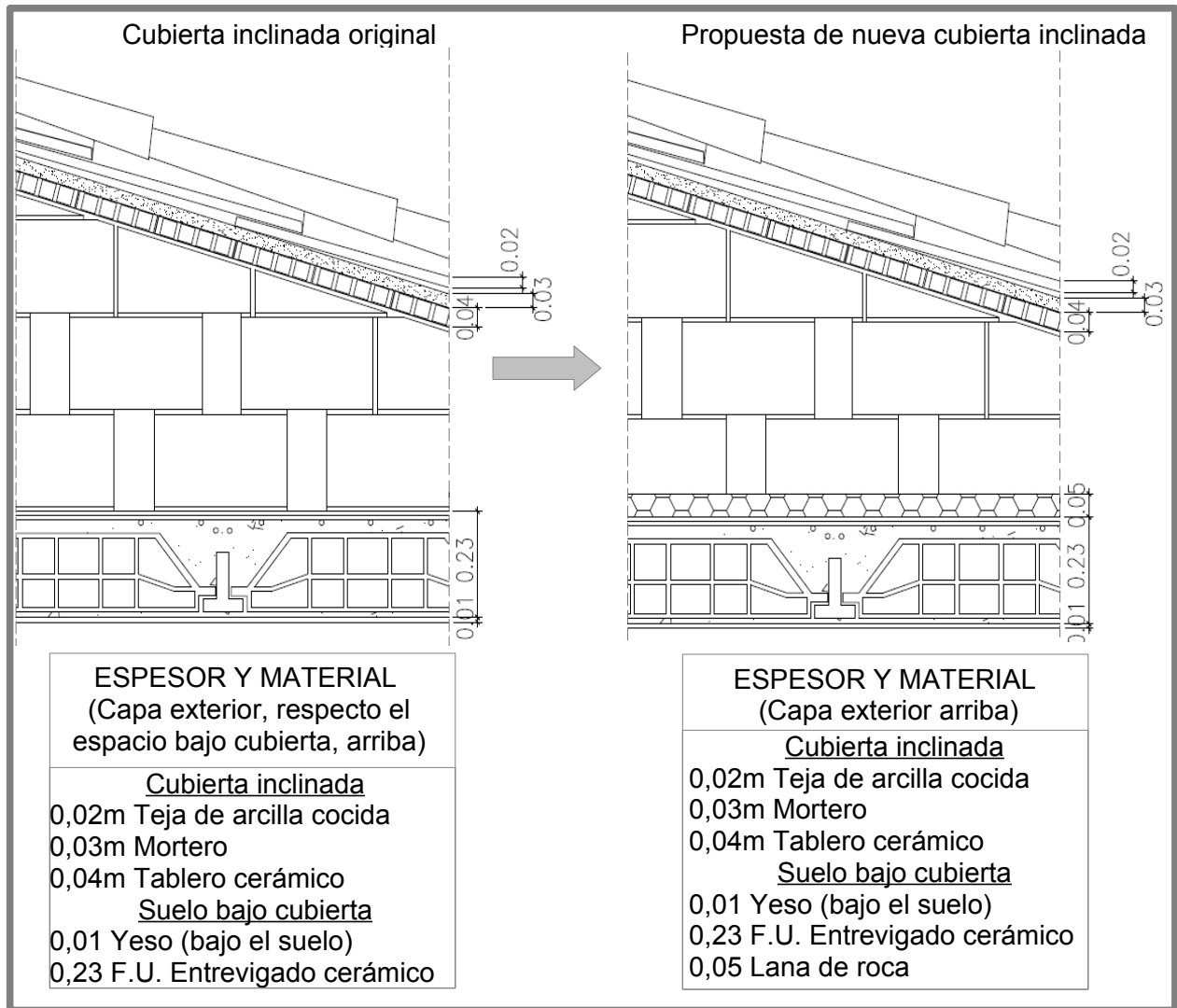


Figura 3.89 Propuesta de modificación en suelo bajo cubierta

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	9997.45	38.36	56.86
Net Site Energy	9997.45	38.36	56.86
Total Source Energy	22947.06	88.05	130.51
Net Source Energy	22947.06	88.05	130.51

Tabla 3.41 Consumo hipótesis E.2.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	4318.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	717.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	570.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2226.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1015.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	489.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	29.65	0.00	0.00	0.00	0.00	9.72
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	628.61	9.84
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5050.34	4318.50	0.00	0.00	628.61	19.56

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.42 Consumo hipótesis E.2, por usos.

No se filtra demasiado calor por falta de aislamiento en la cubierta. Esta vez no se consigue un resultado suficiente y se debe rechazar la propuesta ya que se mantiene el resultado anterior, hecho que no justifica esta adaptación.

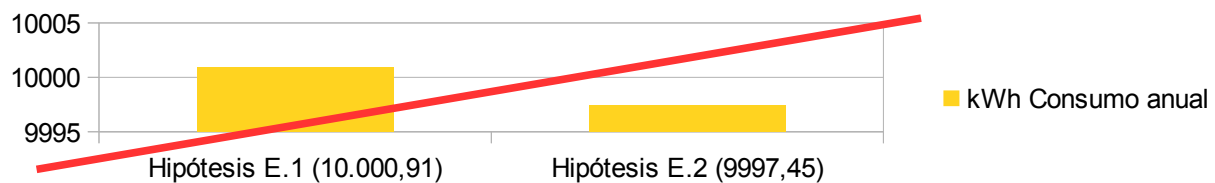


Gráfico 3.43 Comparación de la hipótesis E.2 frente a la hipótesis anterior (E.1)

La siguiente hipótesis se realizará desde la hipótesis E.1 ya que el resultado de la hipótesis E.2 no ha sido efectivo.

### 2.3.5.3 HIPÓTESIS E.3. CARPINTERÍA

Los marcos de aluminio que tienen las ventanas del proyecto original tienen una conductividad térmica muy alta y puede ser un problema que esté haciendo aumentar la demanda energética del edificio. Se propone sustituirlos por marcos de uPVC que tienen una conductividad térmica de alrededor de 1000 veces inferior a la del aluminio:

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	9919.75	38.06	56.42
Net Site Energy	9919.75	38.06	56.42
Total Source Energy	22860.87	87.72	130.02
Net Source Energy	22860.87	87.72	130.02

Tabla 3.43 Consumo hipótesis E.3.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m <sup>3</sup> ]
Heating	0.00	4241.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	720.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	571.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2226.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	1013.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	487.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	29.72	0.00	0.00	0.00	0.00	9.75
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	628.61	9.84
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5049.40	4241.74	0.00	0.00	628.61	19.60

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

Tabla 3.44 Consumo hipótesis E.3, por usos.

Ha sido comprobado la mejora y por tanto la hipótesis queda aceptada.

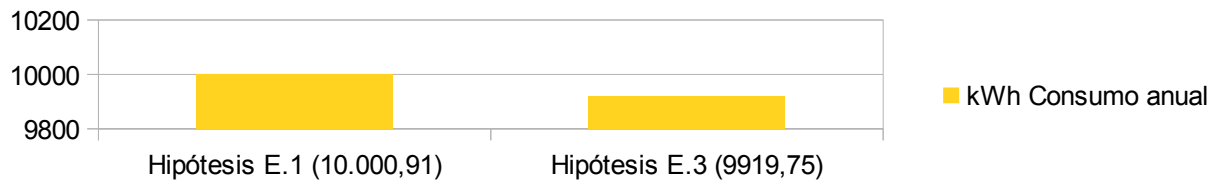


Gráfico 3.44 Comparación de la hipótesis E.3 frente a la hipótesis anterior (E.1)



## 3.4 PROYECTO FINAL ADAPTADO, COMPARATIVA

Adaptaciones realizadas:

HIPÓTESIS	REDUCCIÓN DEL CONSUMO ANUAL QUE HA SUPUESTO (EN kWh)
A. DESPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA / CORRECCIÓN DEL ENTORNO	95,9
B. DISTRIBUCIÓN ZONAS FRIAS / ZONAS CALIENTES	448,19
C. REDUCCIÓN DEL PORCHE OESTE Y DE VOLADIZOS EN CUBIERTA	227,24
D. 1. REORIENTACIÓN DE LAS ABERTURAS	396,56
D.2. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR, FACHADA SUROESTE	198,04
D.3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR, FACHADA NORESTE	11,79
D.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR, FACHADA SURESTE	72,83
D.5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR, FACHADA NOROESTE	34,66
E.1. FACHADA	152,47
E.3. CARPINTERÍA	81,16
TOTAL	1718,84

Tabla 3.45 Reducción del consumo anual

Tras las hipótesis llevadas a cabo, donde se rechazaron las pruebas A, B, C, D, F, H, I, J del apartado de elementos de protección solar, y la hipótesis E.2 de mejora del aislamiento bajo cubierta, se obtienen los siguientes resultados globales:

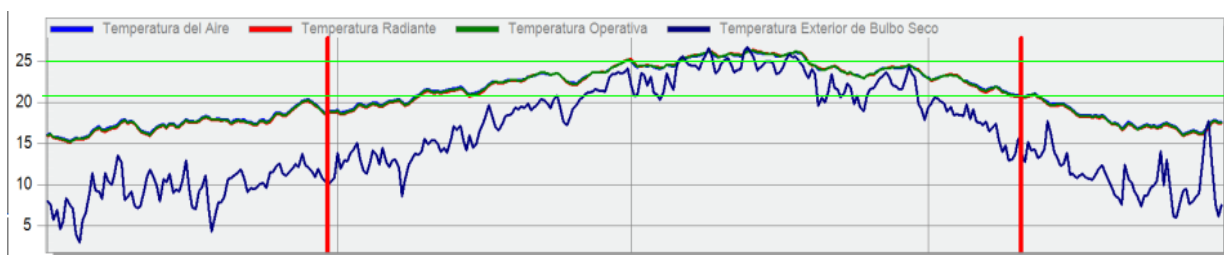
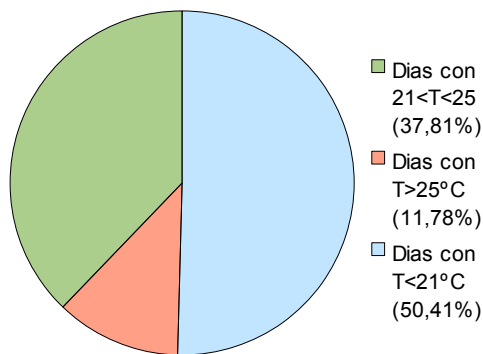


Gráfico 3.45 Temperatura operativa anual del edificio (°C).

En comparación con los resultados del proyecto original se aprecia un ascenso de las temperaturas interiores en invierno, de unos 2°C y un descenso de las mismas en verano. Continúa con necesidad de utilizar sistemas activos para alcanzar y mantenerse en la temperatura de confort pero se verá reducido su uso gracias únicamente a las estrategias pasivas propuestas en las distintas hipótesis.



El gráfico situado a la izquierda muestra la temperatura operativa en el interior del edificio con una  $T$  máxima de  $26,34^{\circ}\text{C}$  y una  $T$  mínima de  $15,23^{\circ}\text{C}$ . El estado de confort se alcanza entre los  $21$  y  $25^{\circ}\text{C}$  en un  $37,81\%$  de los días del año (19 días más que en el original). Los días en que el edificio se encuentra por debajo de  $21^{\circ}\text{C}$  se han reducido en 19 y en los que se encuentra por encima de  $25^{\circ}\text{C}$  se han reducido en 1 día.

Gráfico 3.46 Días del año clasificados según la temperatura operativa ( $T$ ).

Las tablas de consumo del proyecto final propuesto, mostradas en la hipótesis E.3, reflejan la importante disminución del consumo respecto al proyecto original, si se comparan hay una diferencia de  $1.105'77$  kWh por sistemas de calefacción,  $320'05$  kWh por refrigeración (más otros  $284'11$  por bombas y ventiladores) y  $216,36$  kWh por iluminación artificial. La reducción total de esta propuesta alcanza los  $1.718,84$  kWh que significan el  $14,77\%$  del consumo inicial. Todos estos kWh que han desaparecido del consumo anual del edificio, lo han hecho a causa de una reducción en la demanda energética ya que no se modificaron los perfiles de usuario ni los sistemas activos. El edificio mantiene su funcionalidad y realmente no ha sufrido grandes cambios como se pretendía en un primer momento.

## 4 RESUMEN DE RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES

El ahorro de los 1.718,84 kWh que para los usuarios se traduce en un ahorro económico anual durante la vida útil del edificio, significa también un ahorro de energía. El edificio necesita menos uso de los sistemas activos y por tanto se consume menos combustible, de electricidad, gas, etc.

### 4.2 CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES

En el análisis energético del proyecto original se reflejaba la necesidad del edificio de aumentar su temperatura interior ya que la mayoría de la demanda energética estaba relacionada con un consumo por calefacción, por eso se encaminaron las hipótesis en reducir sombras y potenciar las ventanas como elemento captador directo, dejando de lado temas como la ventilación cruzada.

En este proyecto original no se le dió suficiente importancia al tema del bioclimatismo y en este aspecto pudo haberse ajustado en un mayor nivel a las necesidades de los usuarios antes de ser construido, lo cual significaría un mayor nivel de confort en el interior de la vivienda. Como se utilizarán sistemas de refrigeración, calefacción y luminarias, esta diferencia entre ajustar o no el proyecto a las necesidades de los usuarios, significará un aumento del precio anual que deberán pagar los propietarios para mantener la vivienda en el estado de confort, ya sea en facturas de gas, electricidad, etc.

En definitiva el haber conseguido una reducción del 14,77% del consumo anual mediante ciertas adaptaciones de sistemas pasivos demuestra la importancia del bioclimatismo en la arquitectura actual, si bien en muchas ocasiones todavía no se le da la suficiente.

Por otro lado recomendaría realizar un pequeño análisis energético antes de finalizar cualquier proyecto ya que seguro que encontramos posibles aspectos a mejorar, y pese a que pueda aumentar el coste inicial, se acabará traduciendo en un ahorro energético y económico durante la vida útil del edificio. El uso de herramientas o softwares como Design Builder pueden ser una buena opción para realizar propuestas de mejora y poder comparar resultados entre distintas hipótesis o proyectos.

### 4.3 BIBLIOGRAFÍA

Alfaro L. *Energia i edificació*. DAC Sostenibilitat. Apunts i classes presenciades durant el trimestre de primavera de 2012 a l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, a Barcelona.

Caballero A. *Edificació bioclimàtica*. DAC Sostenibilitat. Apunts i classes presenciades durant el trimestre de primavera de 2012 a l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, a Barcelona.

Paris O. *Materials, elements i sistemes sostenibles*. DAC Sostenibilitat. Apunts i classes presenciades durant el trimestre de primavera de 2012 a l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, a Barcelona.

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCE y AICIA. *Catálogo de elementos constructivos del CTE*. 2010.  
<[http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/CAT-EC-v06.3\\_marzo\\_10.pdf](http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf)>

Ordoñez García A. *Manual de ayuda de DesignBuilder en español*. 2014.  
<<http://www.designbuilder.es/descargas/documentos>>

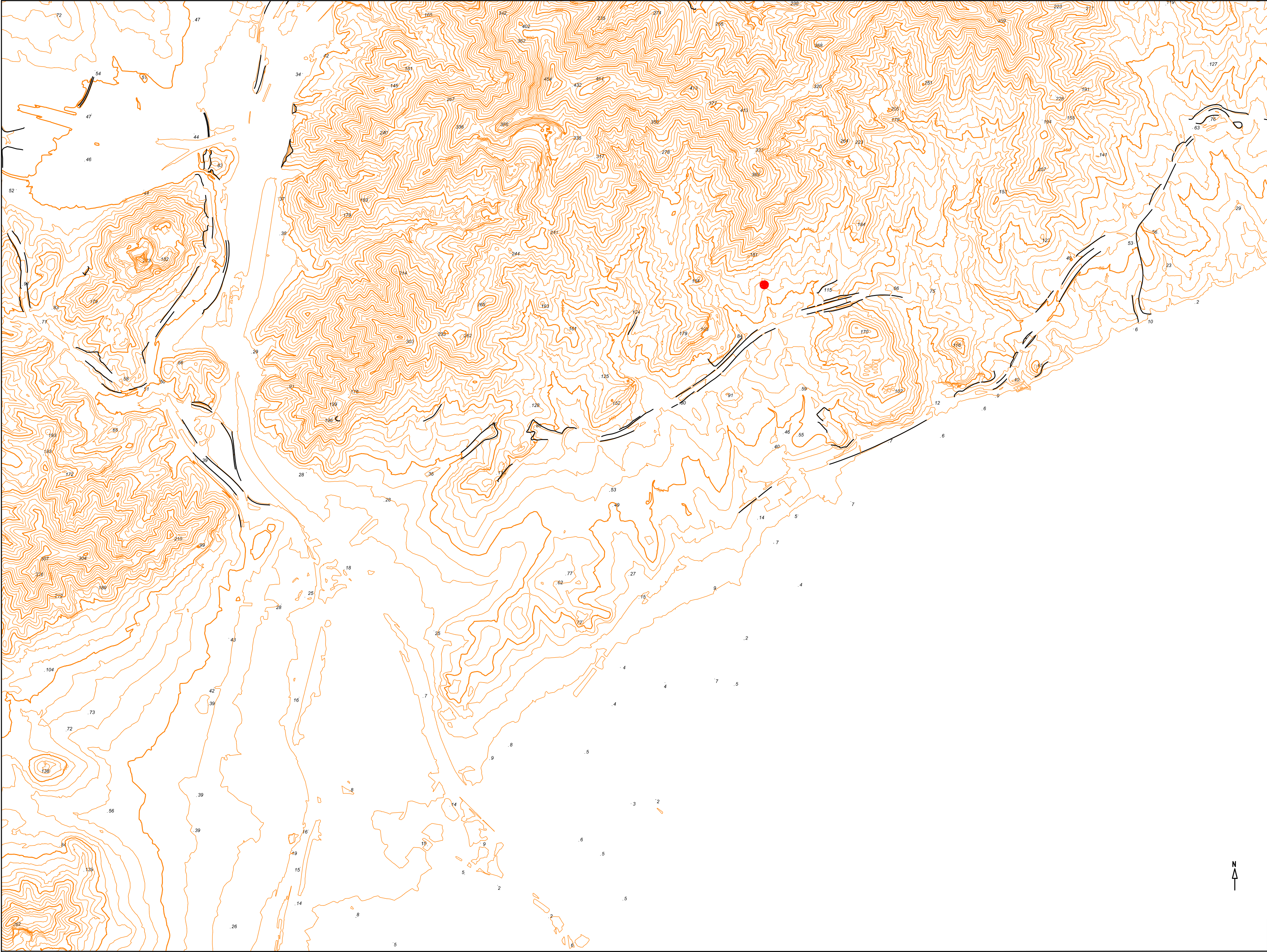
## 5 ANEXOS



### 5.1 ANEXO A. PLANOS



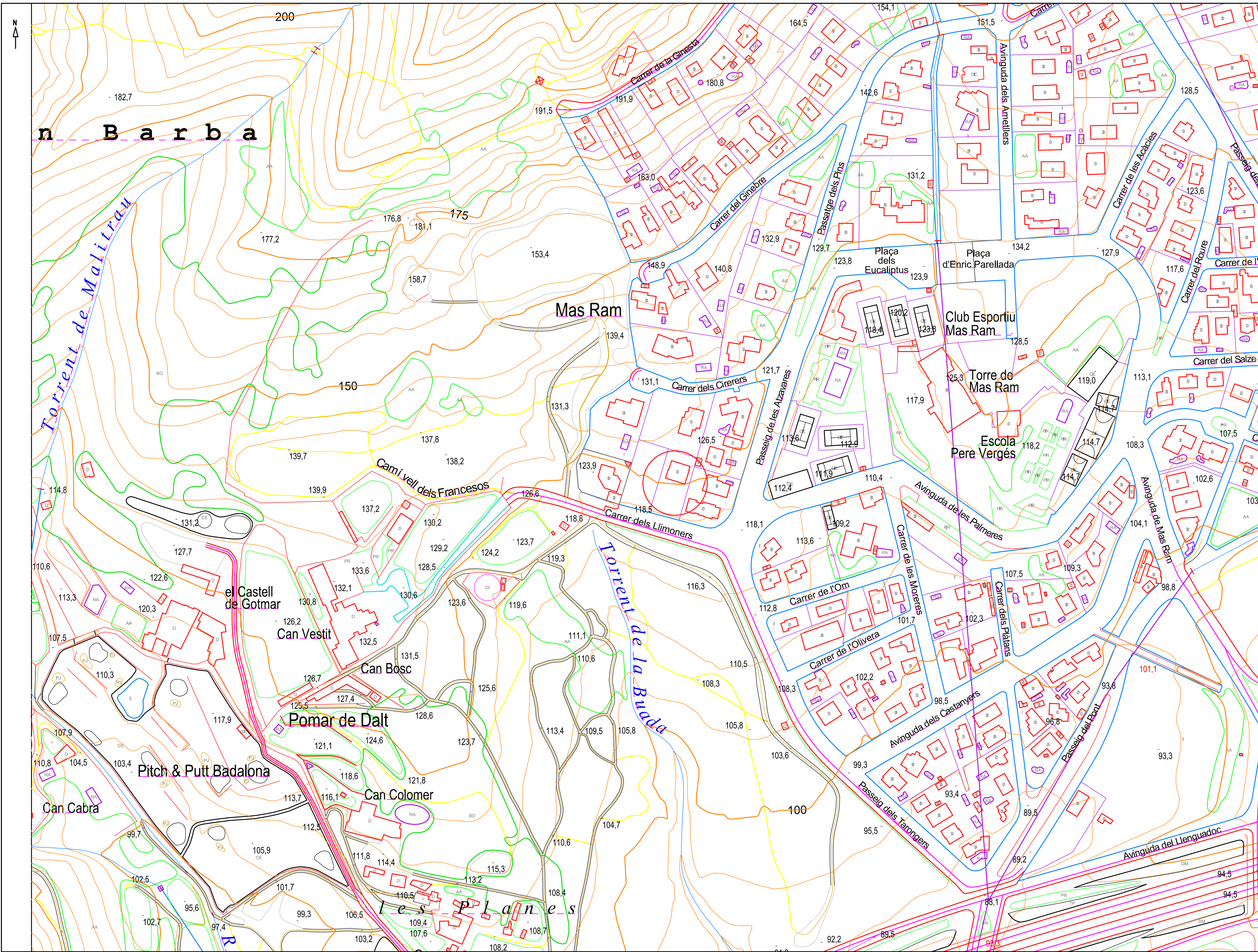








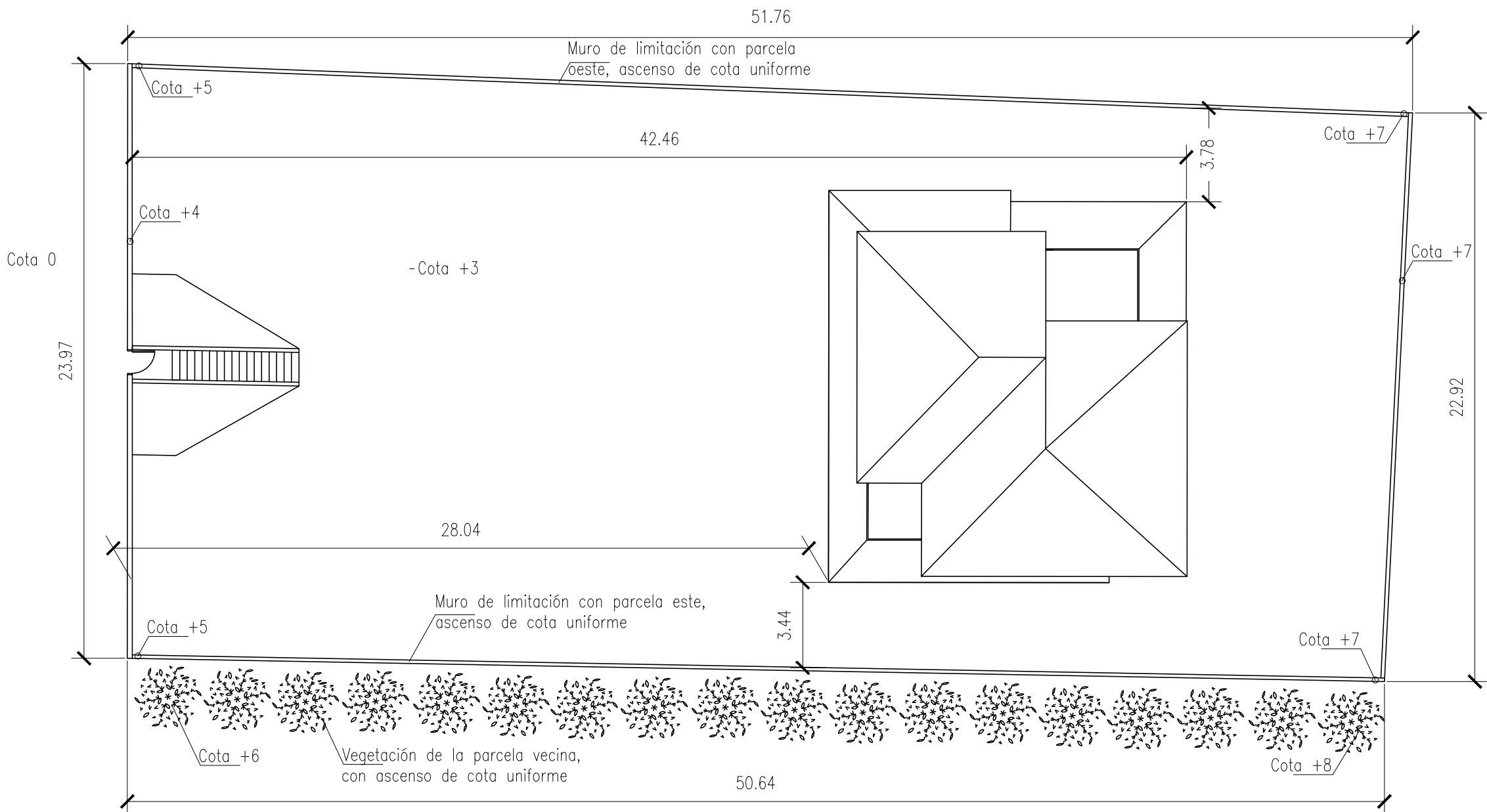
PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO ORIGINAL. TOPOGRÁFICO BADALONA
Nº DE PLANO:
01
ESCALA:
1:25000
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL
  Escola Politécnica Superior d'Edificació de Barcelona UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA





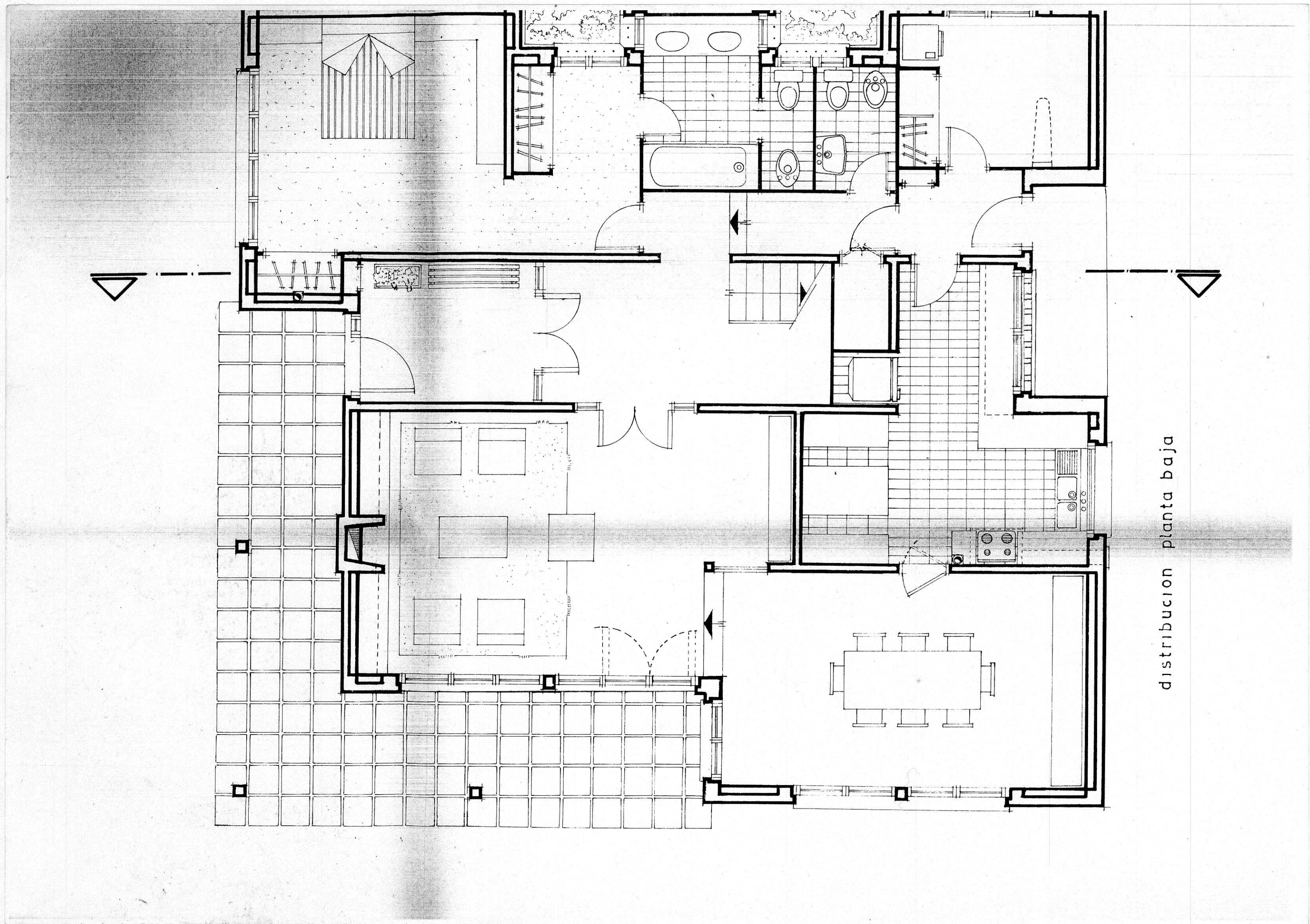
PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO ORIGINAL. BARRIO MAS RAM
Nº DE PLANO:
02
ESCALA:
1:2000
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL
  Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA





PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO ORIGINAL. PARCELA
Nº DE PLANO:
03
ESCALA:
1:200
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL

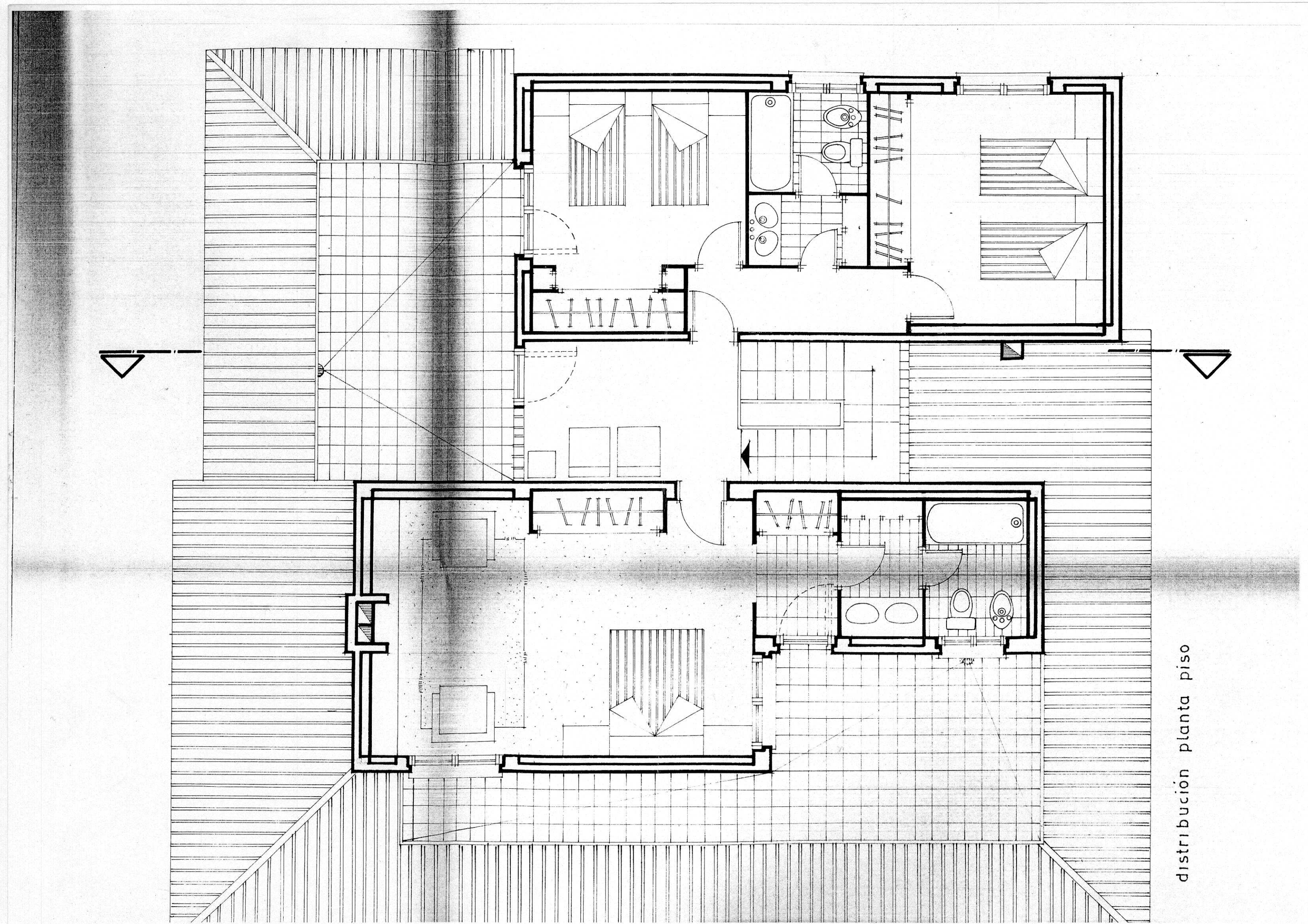




distribucion planta baja

PROYECTO:	SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:	PROYECTO ORIGINAL. PLANTA BAJA
Nº DE PLANO:	04
ESCALA:	1:50
COTAS:	EN METROS
FECHA:	08/04/2015
PROYECTISTA:	ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL

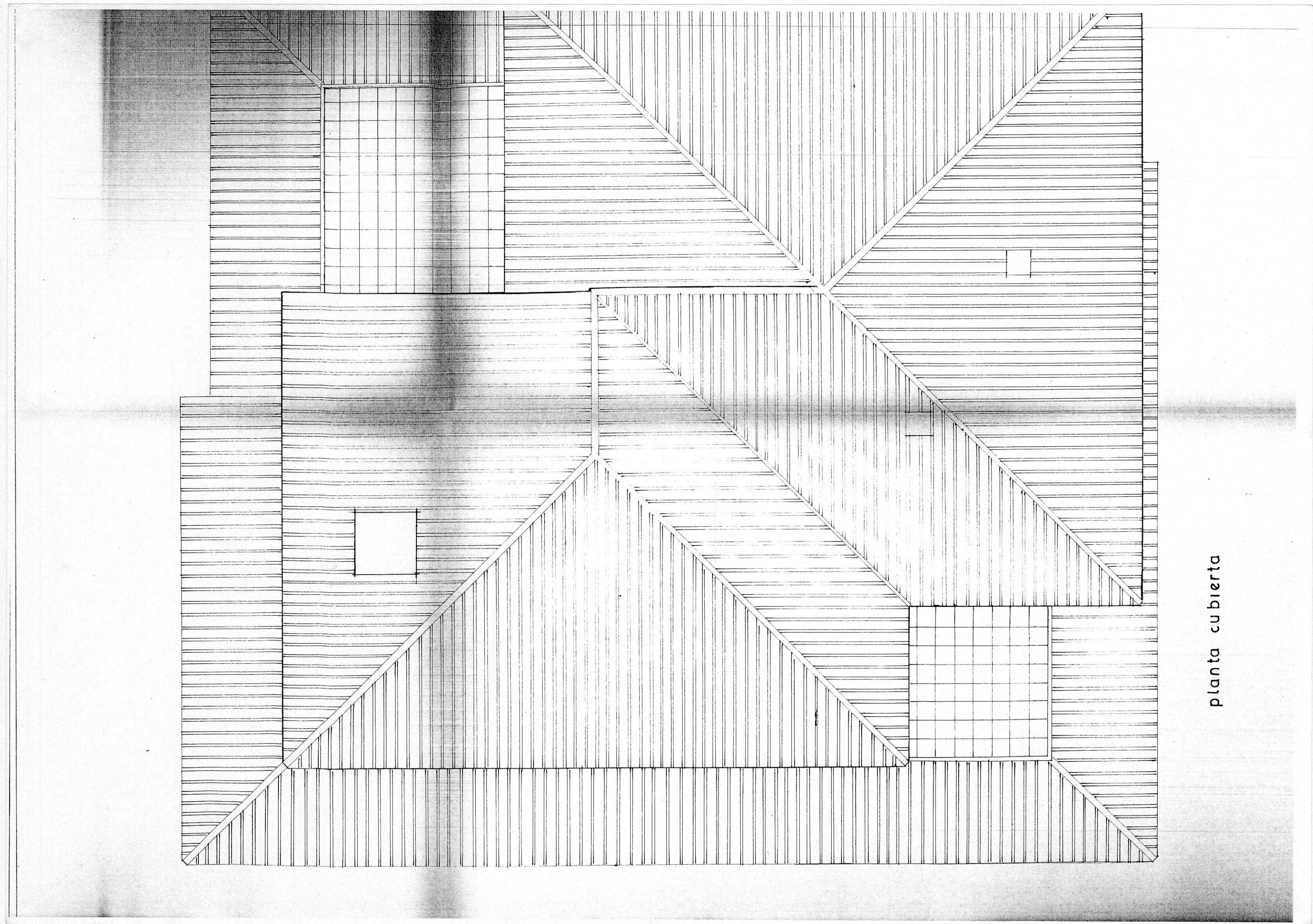




distribucion planta piso

PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO ORIGINAL. PLANTA PISO
Nº DE PLANO:
05
ESCALA:
1:50
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL

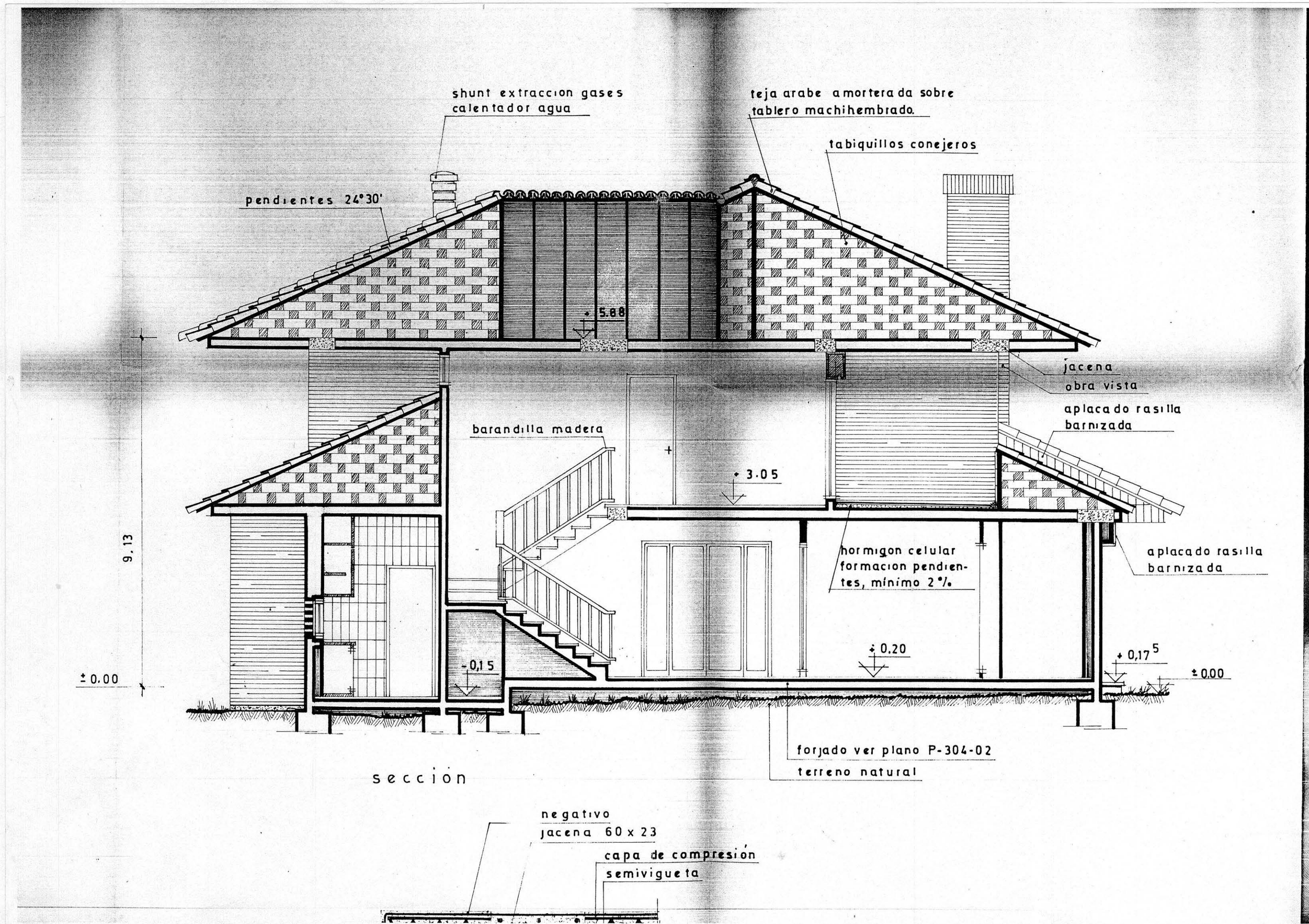




planta cubierta

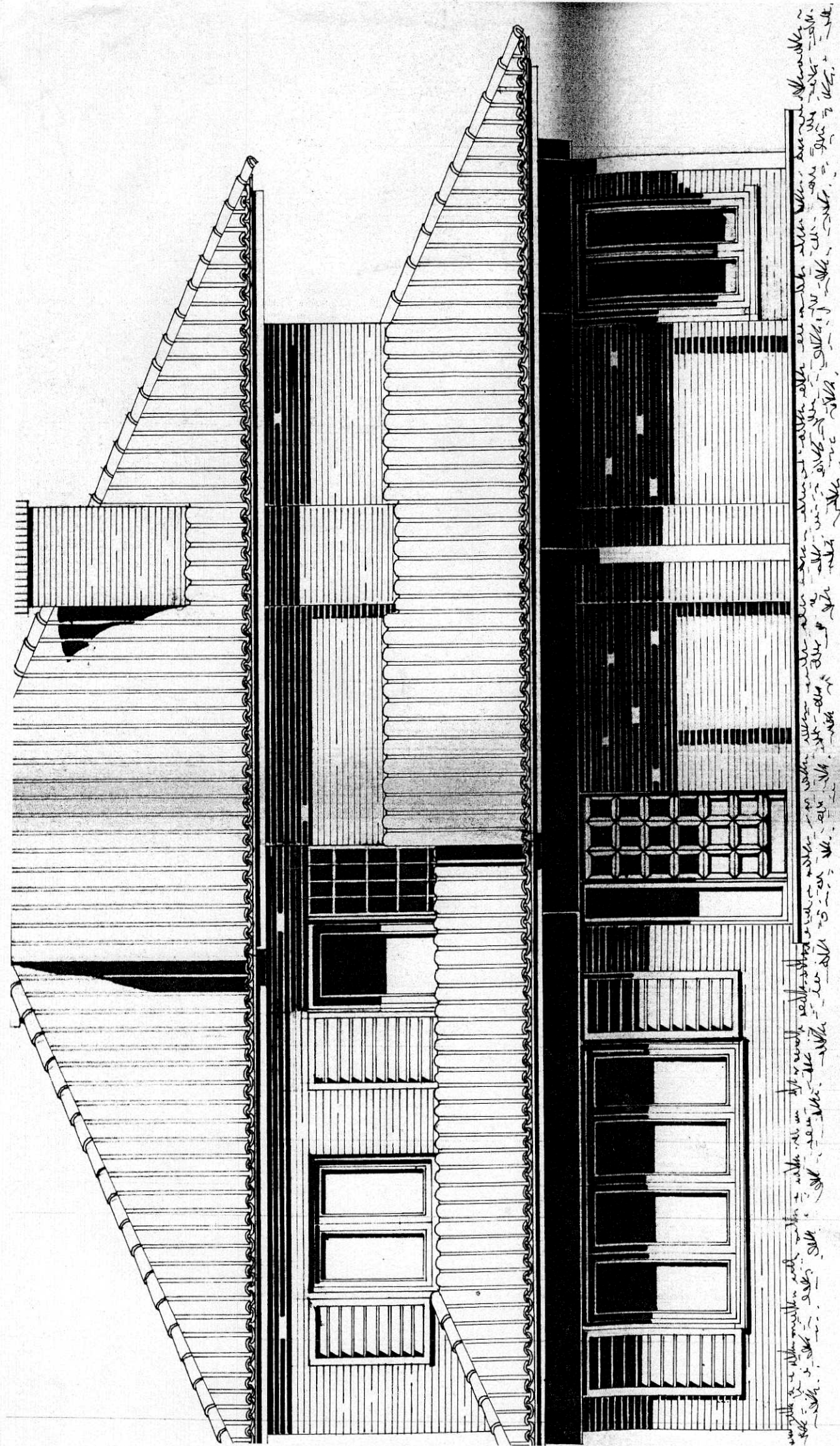
PROYECTO:	SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:	PROYECTO ORIGINAL. PLANTA CUBIERTA
Nº DE PLANO:	06
ESCALA:	1:50
COTAS:	EN METROS
FECHA:	08/04/2015
PROYECTISTA:	ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL



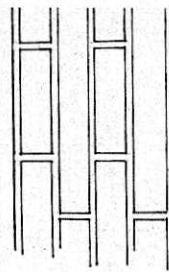


PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO ORIGINAL. SECCIÓN VERTICAL
Nº DE PLANO:
07
ESCALA:
1:50
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL

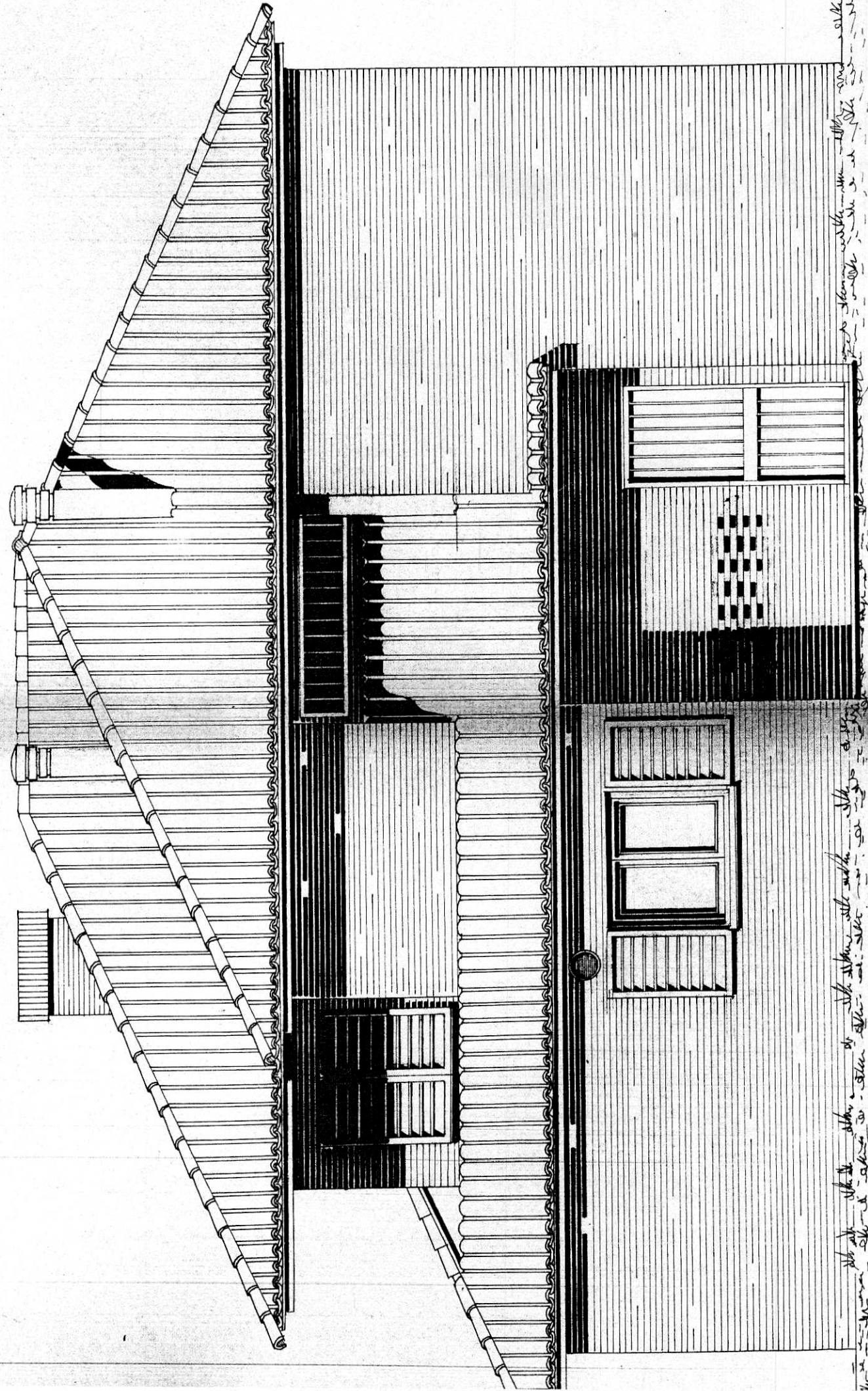




fachada principal



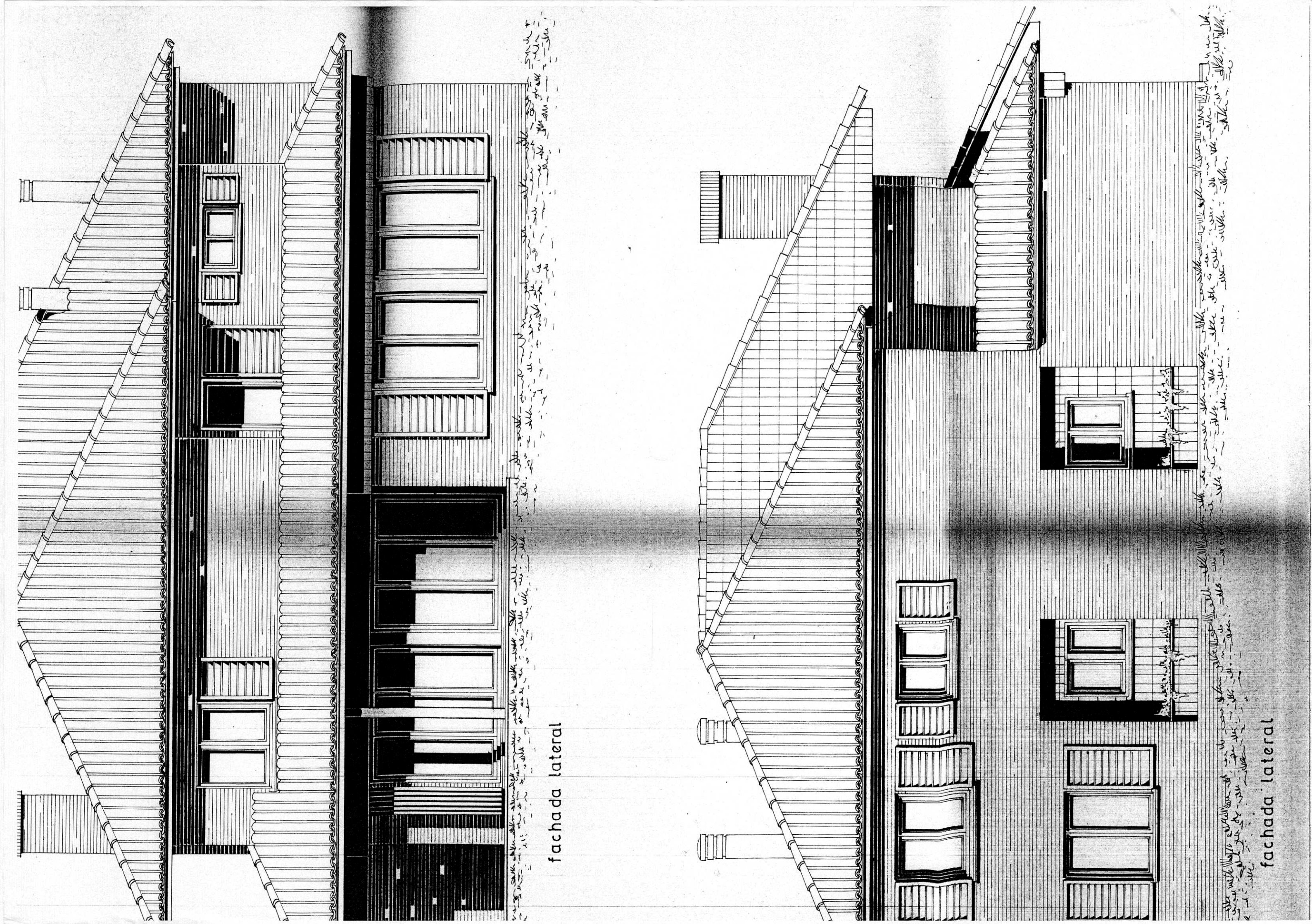
aparte



fachada posterior

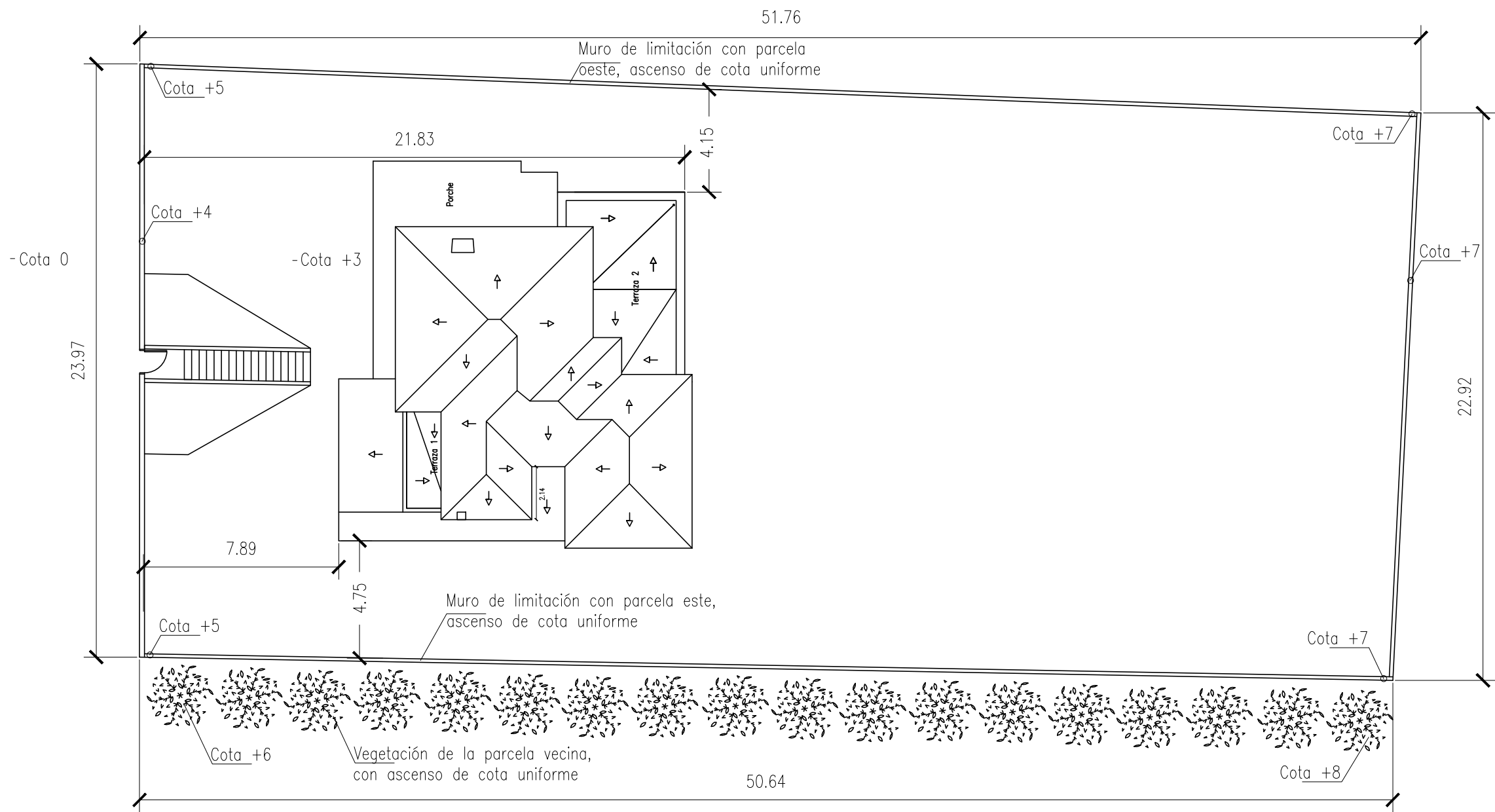
PROYECTO:	SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:	PROYECTO ORIGINAL. ALZADOS FACHADAS SURESTE Y NOROESTE
Nº DE PLANO:	08
ESCALA:	1:50
COTAS:	EN METROS
FECHA:	08/04/2015
PROYECTISTA:	ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL





PROYECTO:	SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:	PROYECTO ORIGINAL. ALZADOS FACHADAS SUROESTE Y NORESTE
Nº DE PLANO:	09
ESCALA:	1:50
COTAS:	EN METROS
FECHA:	08/04/2015
PROYECTISTA:	ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL





PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO PROPUESTO. PARCELA
Nº DE PLANO:
10
ESCALA:
1:200
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL





PROYECTO:

SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

PLANO:

PROYECTO PROPUESTO. PLANTA BAJA

Nº DE PLANO:

11

ESCALA:

1:50

COTAS:

EN METROS

FECHA:

08/04/2015

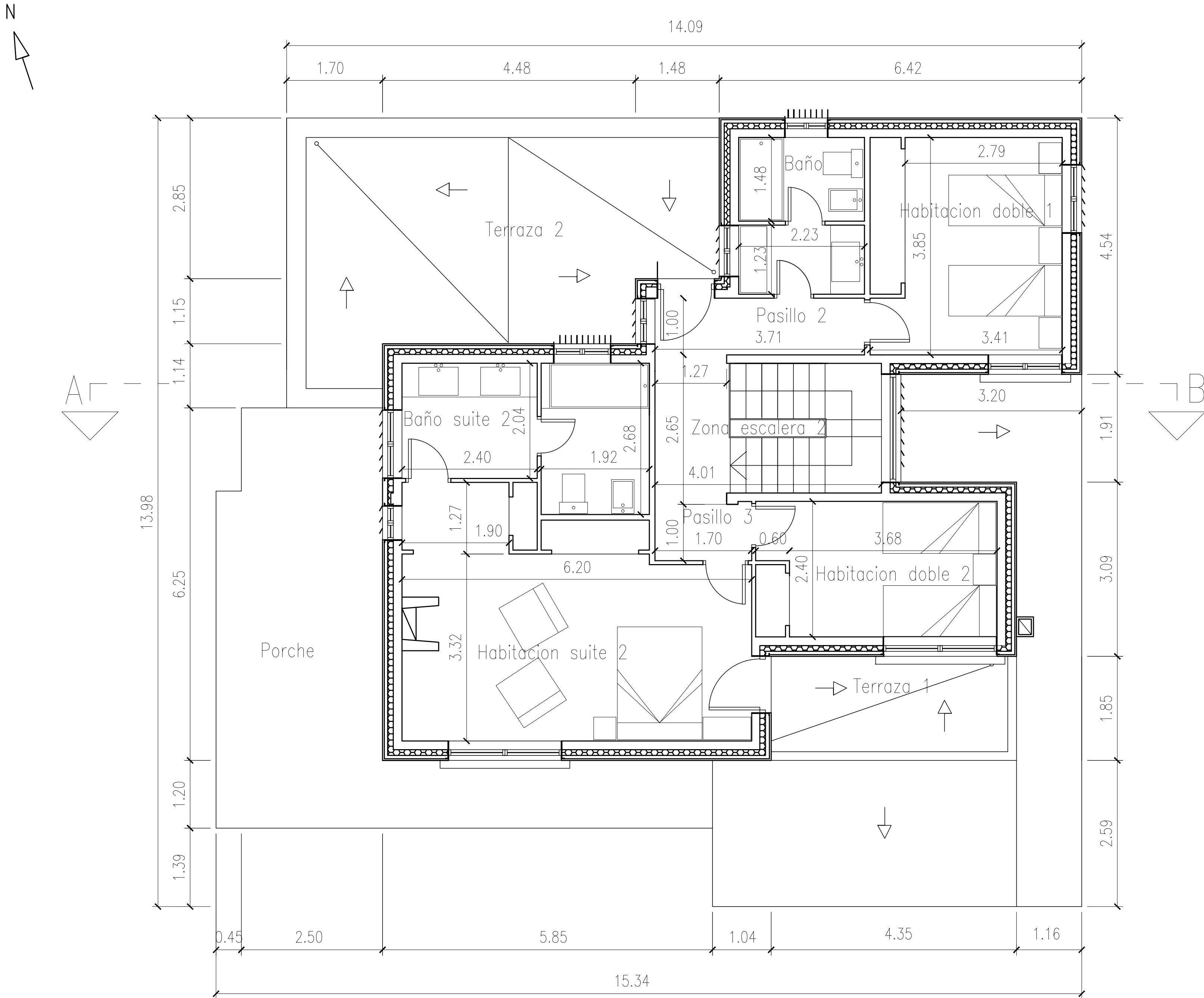
PROYECTISTA:

ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL



Escola Politécnica Superior d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



PROYECTO:

SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

PLANO:

PROYECTO PROPUESTO. PLANTA PISO

Nº DE PLANO:

12

ESCALA:

1:50

COTAS:

EN METROS

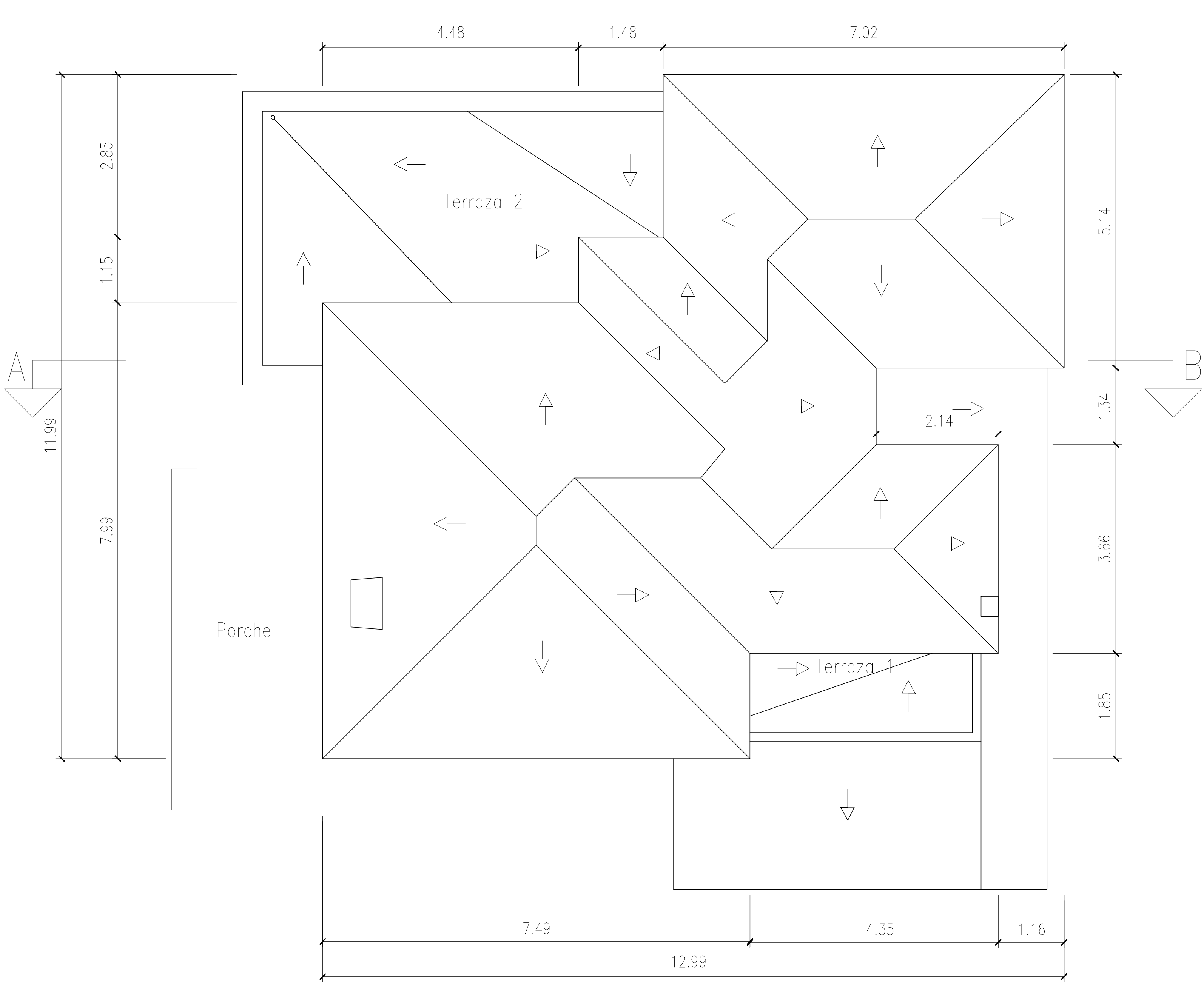
FECHA:

08/04/2015

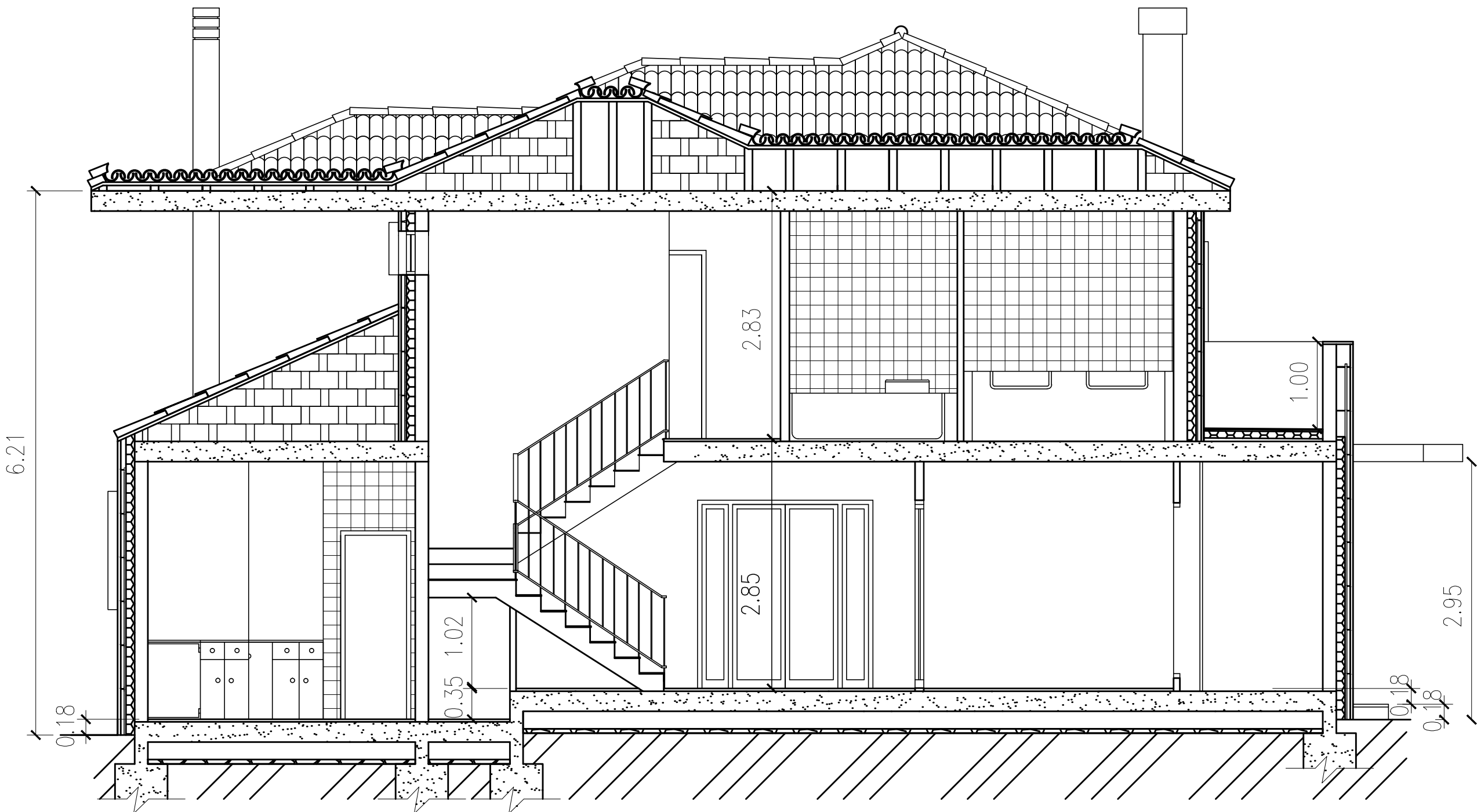
PROYECTISTA:

ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL

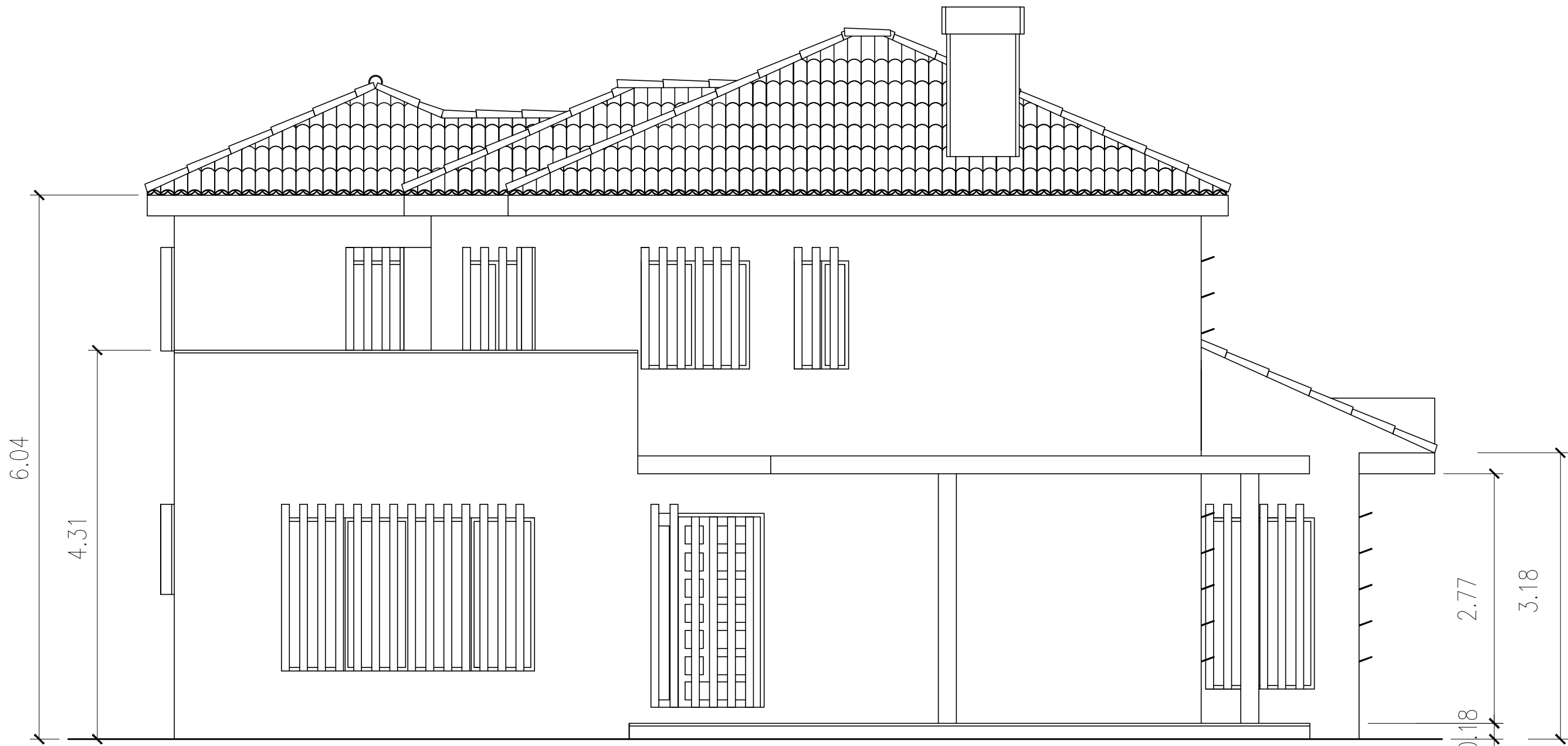




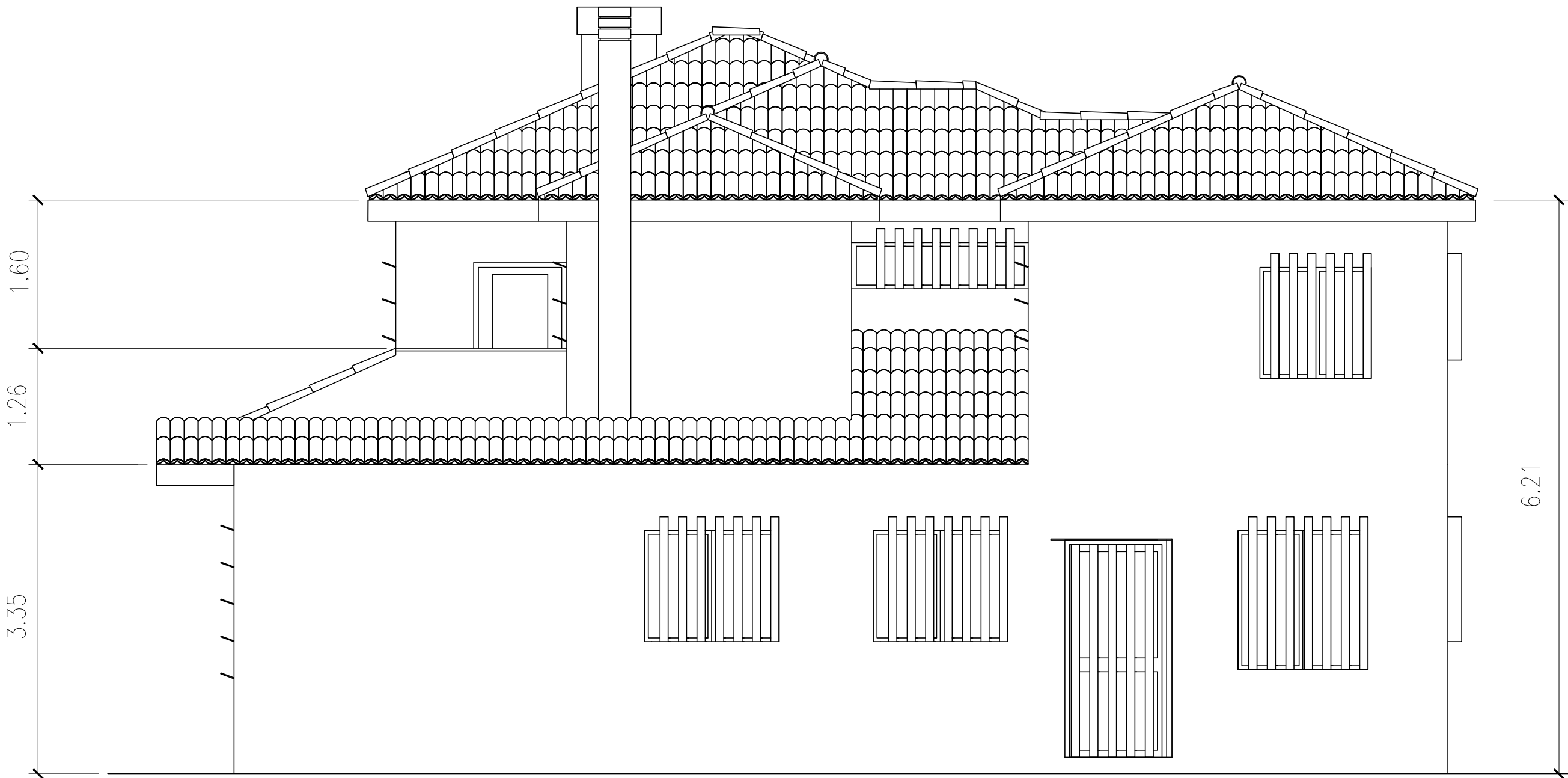




PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO PROPUESTO. SECCIÓN VERTICAL AB
Nº DE PLANO:
14
ESCALA:
1:50
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL

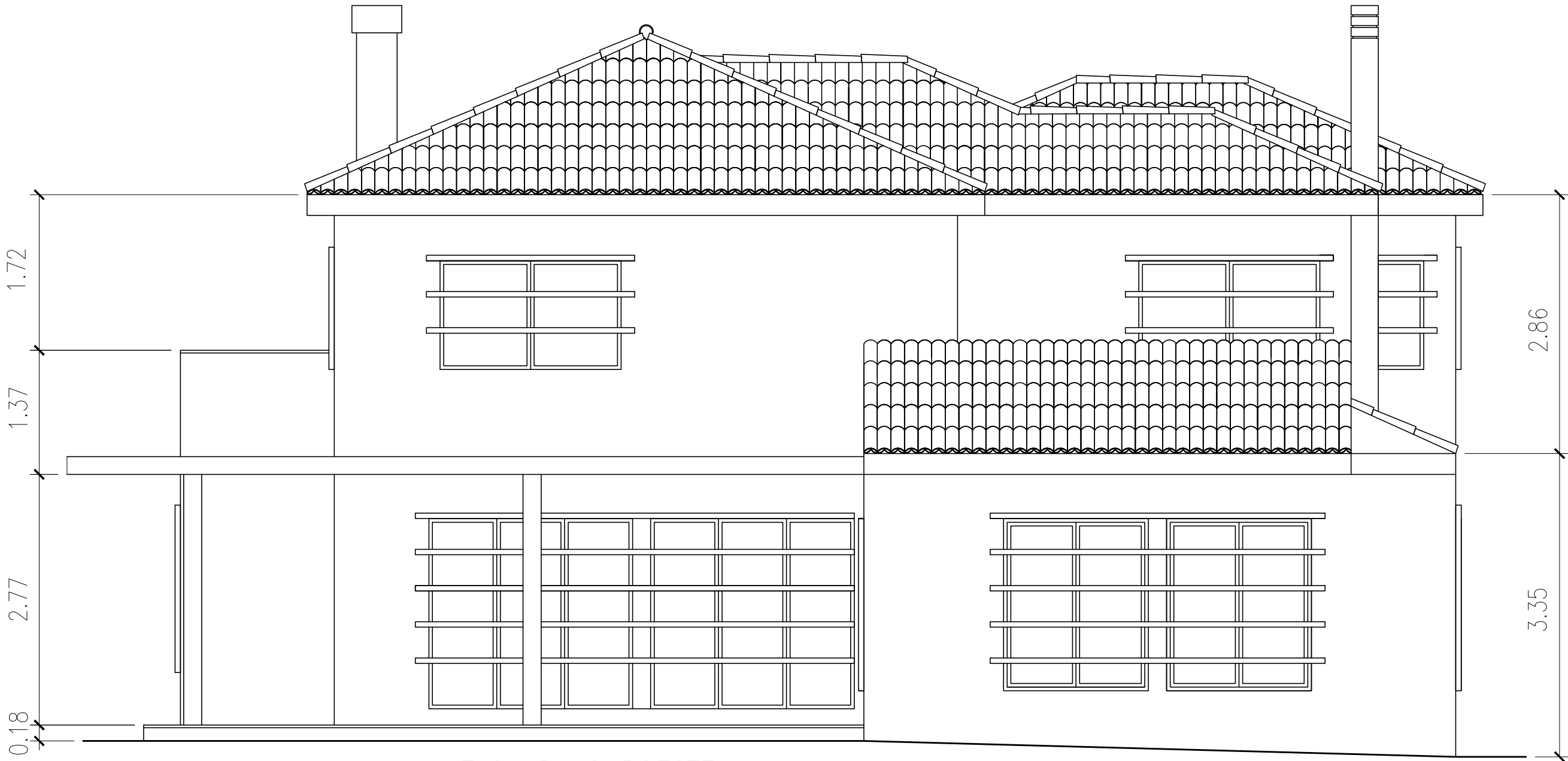


FACHADA NOROESTE

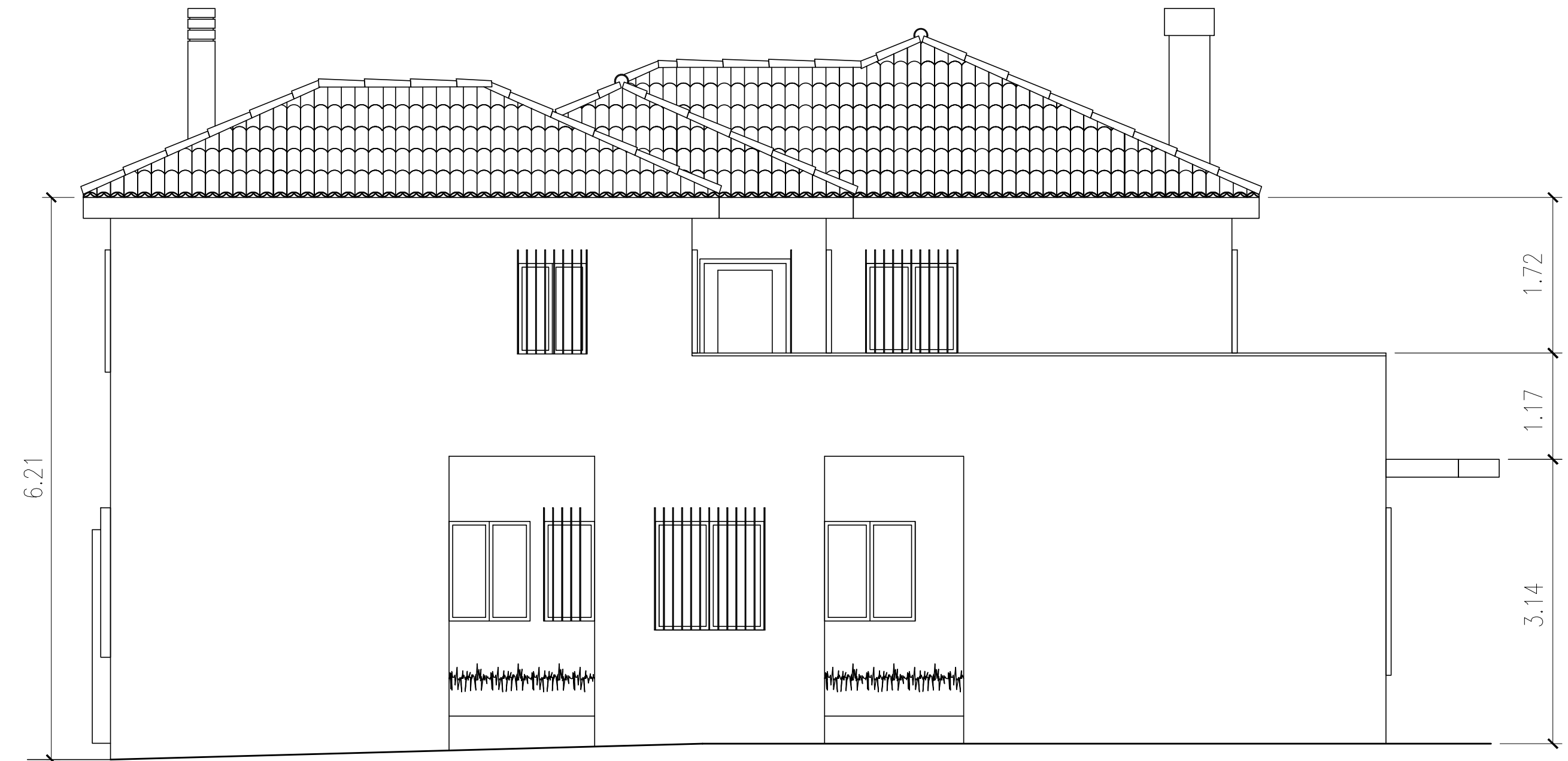


FACHADA SURESTE

PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO PROPUESTO. ALZADOS FACHADAS SURESTE Y NOROESTE
Nº DE PLANO:
15
ESCALA:
1:50
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL



FACHADA SUROESTE



FACHADA NORESTE

PROYECTO:
SISTEMAS PASIVOS, DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA
PLANO:
PROYECTO PROPUESTO. ALZADOS FACHADAS SUROESTE Y NORESTE
Nº DE PLANO:
16
ESCALA:
1:50
COTAS:
EN METROS
FECHA:
08/04/2015
PROYECTISTA:
ANGEL FERNÁNDEZ DEL MORAL



## 5.2 ANEXO B. PLANTILLAS

### Plantillas de ocupación

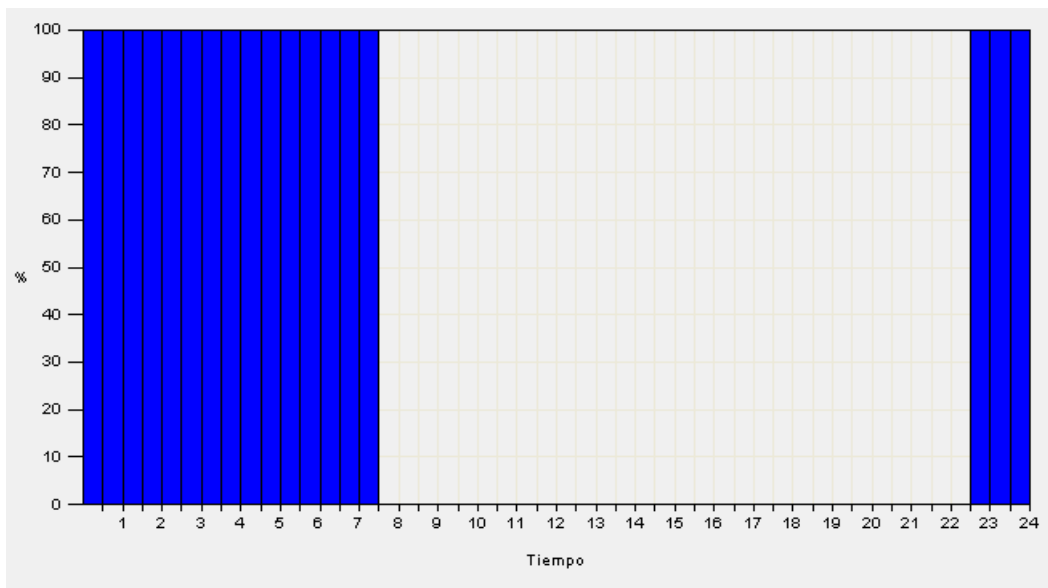


Gráfico A.1 Plantilla de ocupación. Habitación suite 1 (activada solo los domingos) y habitación suite 2

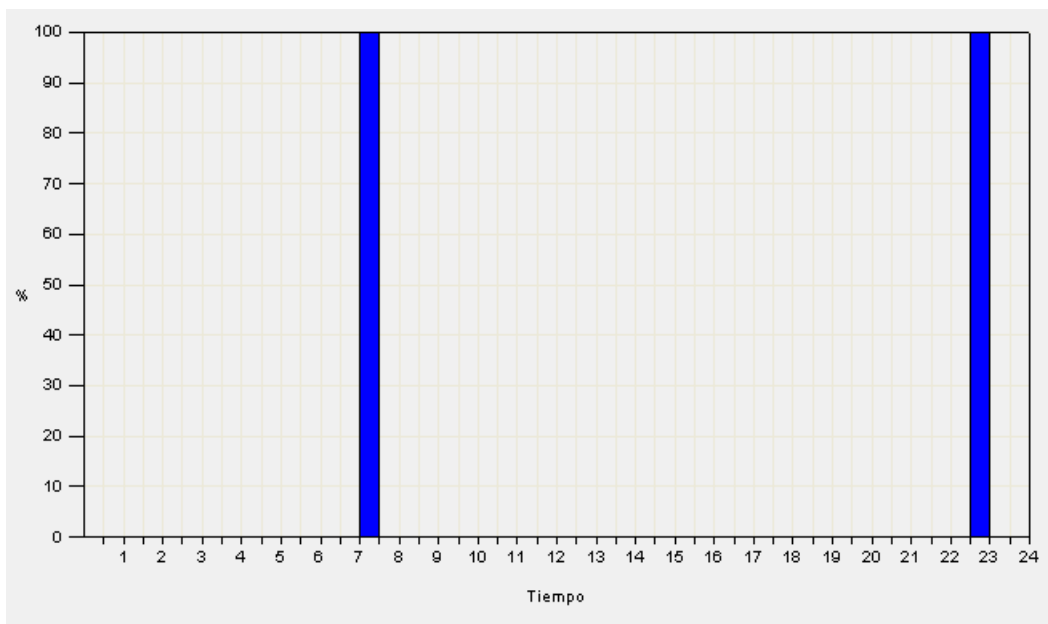


Gráfico A.2 Plantilla de ocupación. Baño suite 1 (solo domingos) y baño suite 2

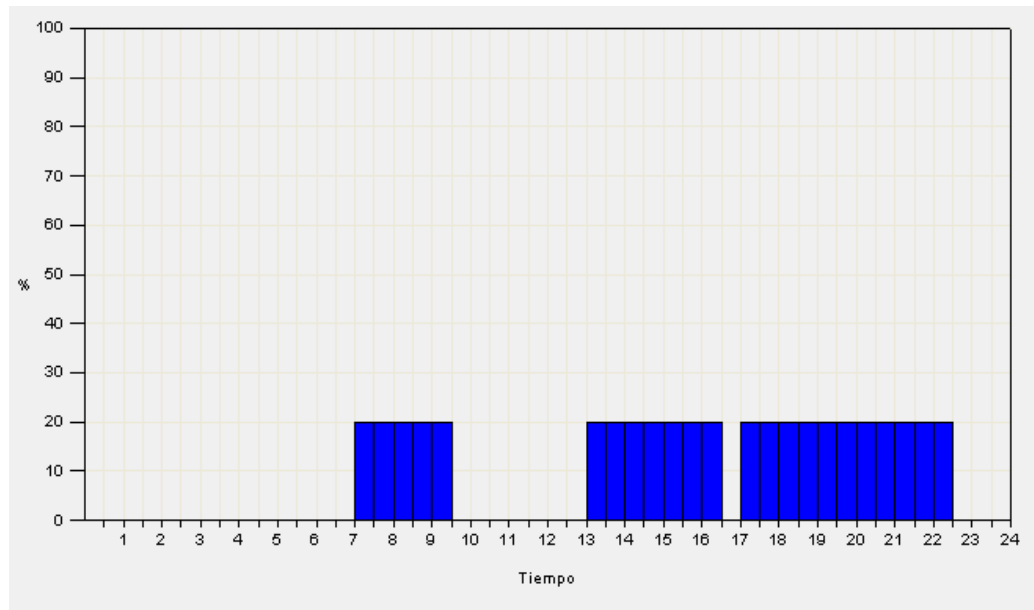


Gráfico A.3 Plantilla de ocupación. Aseo

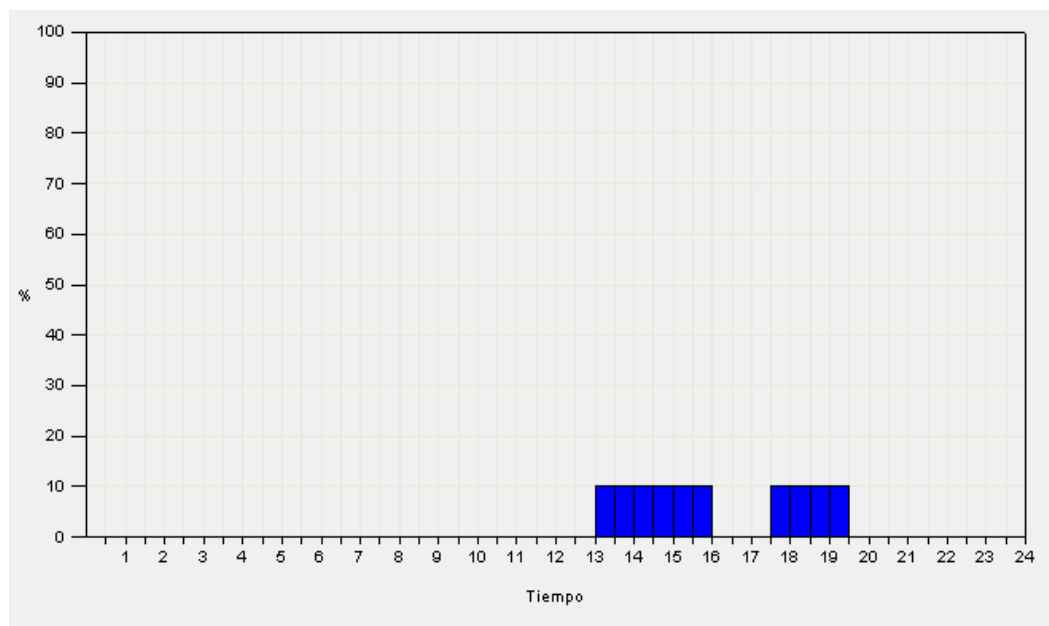


Gráfico A.4 Plantilla de ocupación. Trastero

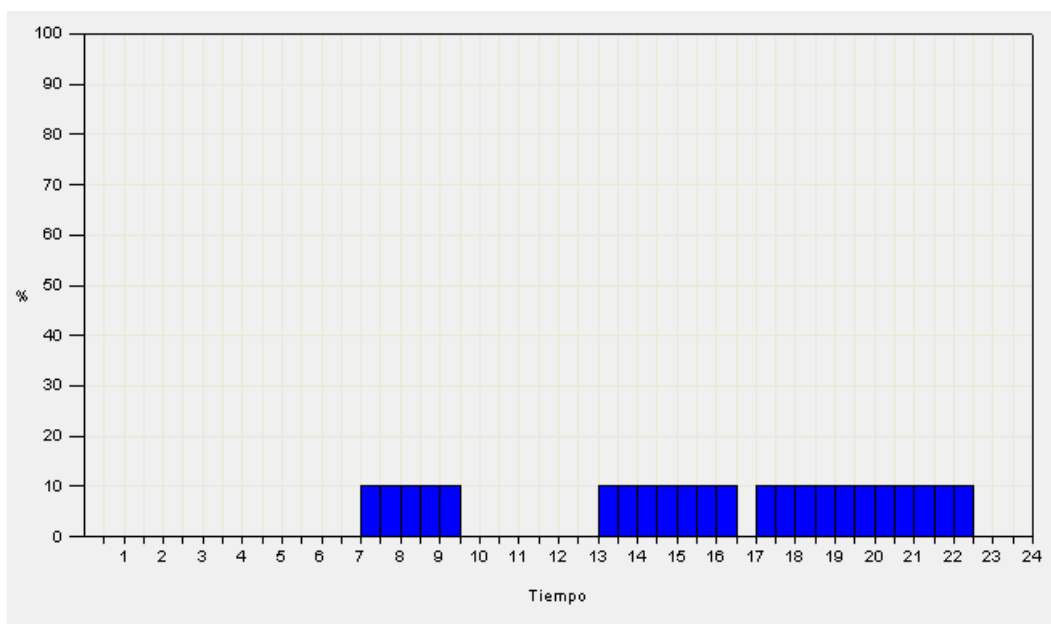


Gráfico A.5 Plantilla de ocupación. Recibidor 2, zona escalera 1, pasillo 1, recibidor 1, zona escalera 2 y pasillo 2

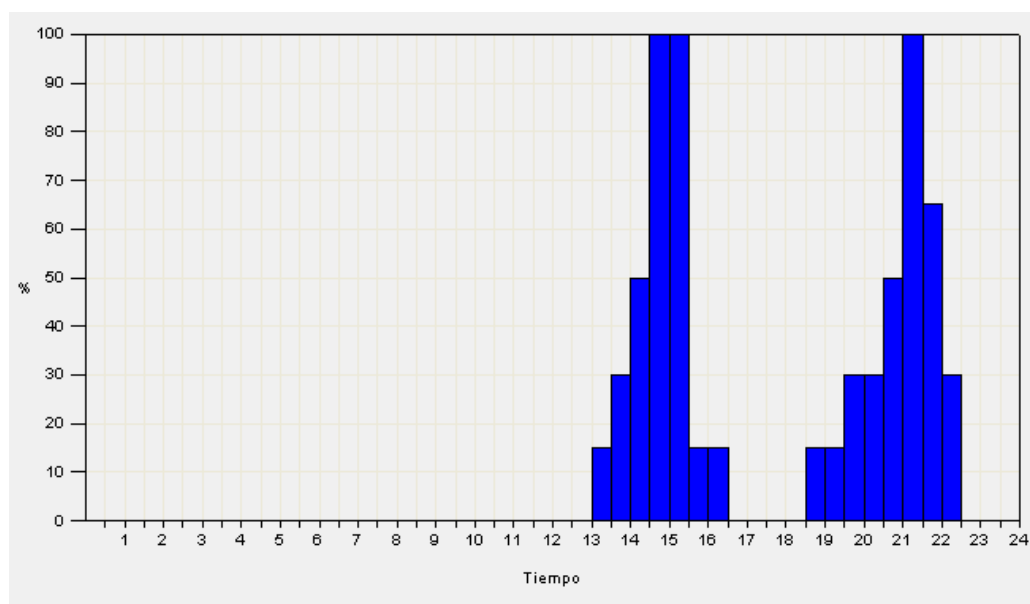


Gráfico A.6 Plantilla de ocupación. Sala de estar-comedor



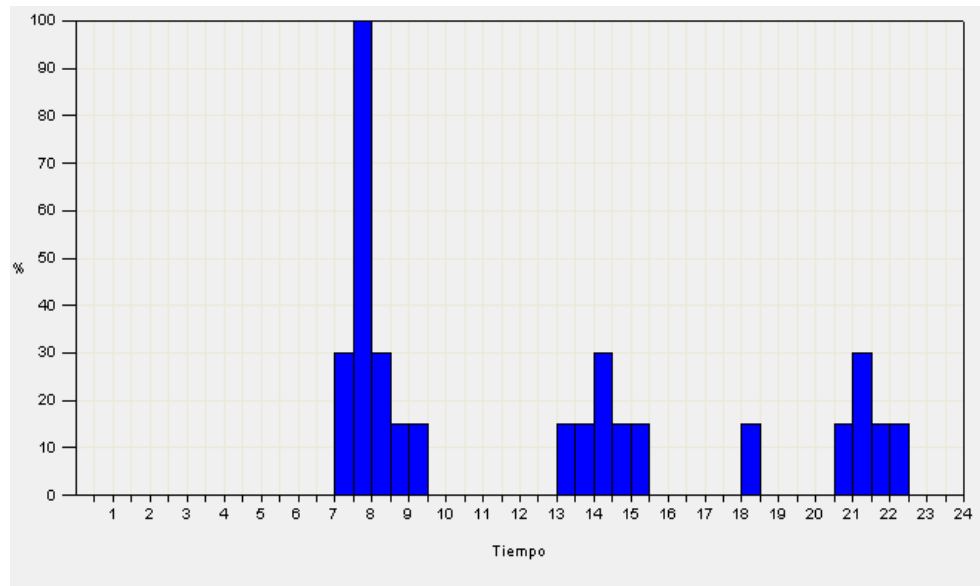


Gráfico A.7 Plantilla de ocupación. Cocina

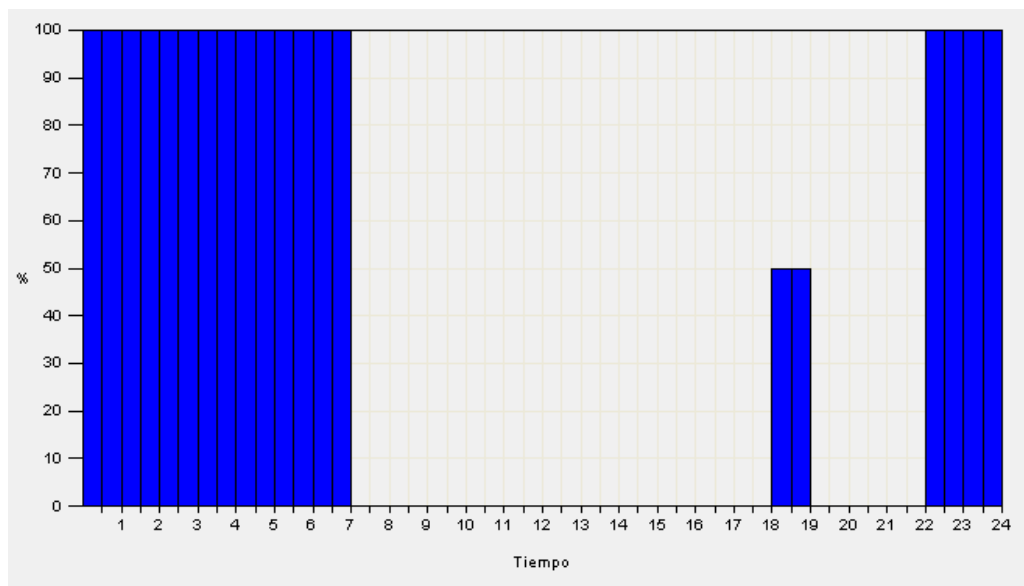


Gráfico A.8 Plantilla de ocupación. Habitación doble 1

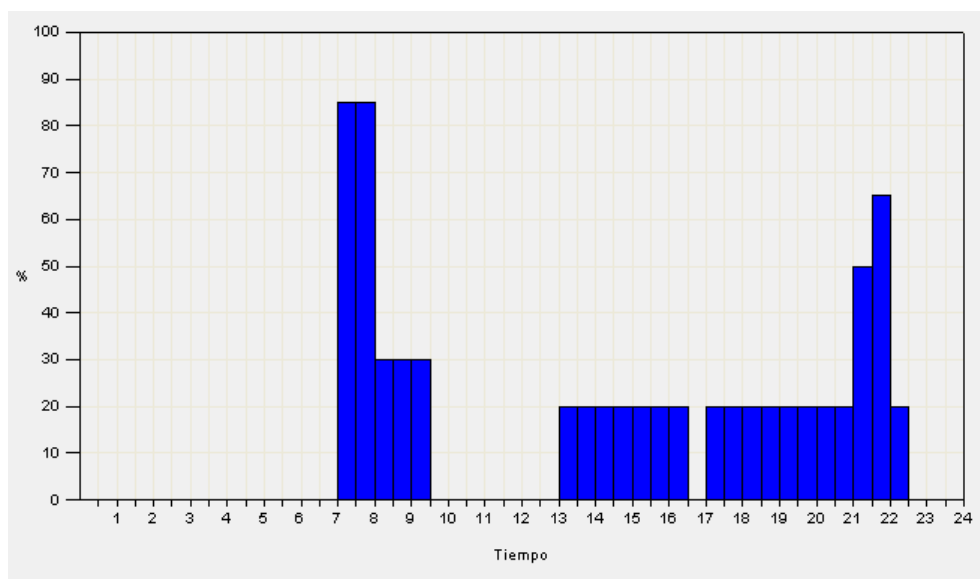


Gráfico A.9 Plantilla de ocupación. Baño

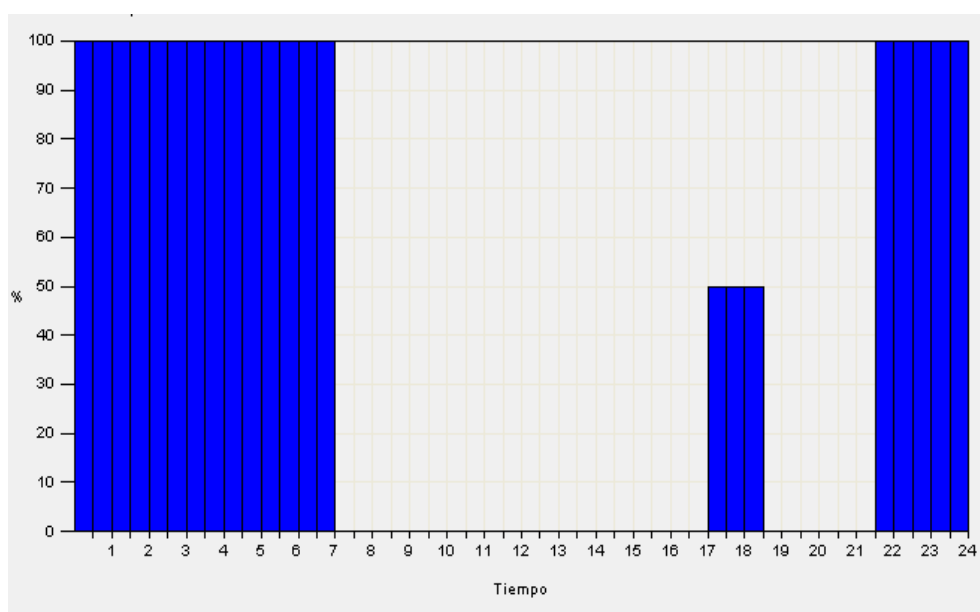


Gráfico A.10 Plantilla de ocupación. Habitación doble 2

Plantillas del funcionamiento de iluminación

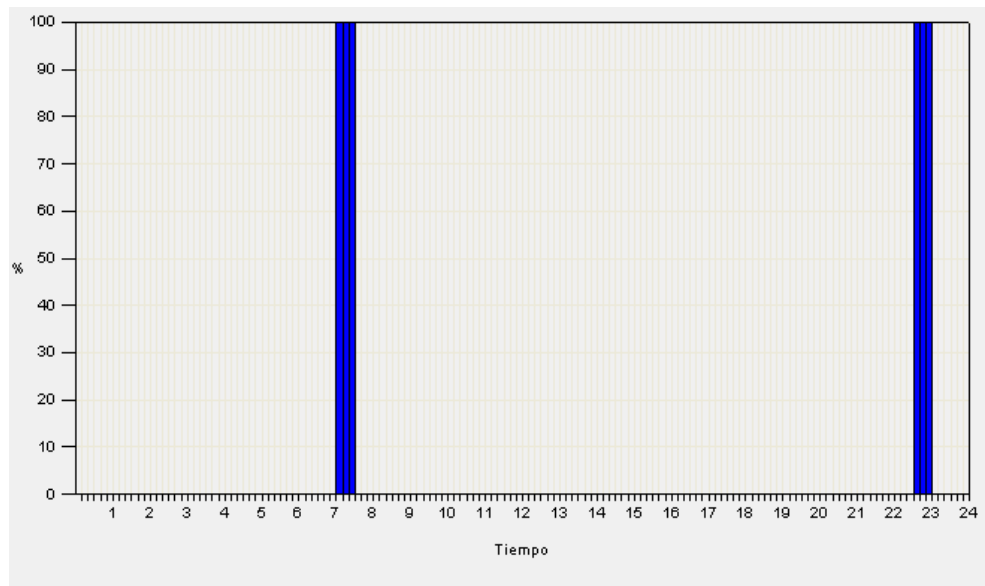


Gráfico A.11 Plantilla de iluminación. Baño suite 1, habitación suite 1 (ambos sólo domingos), baño suite 2 y habitación suite 2

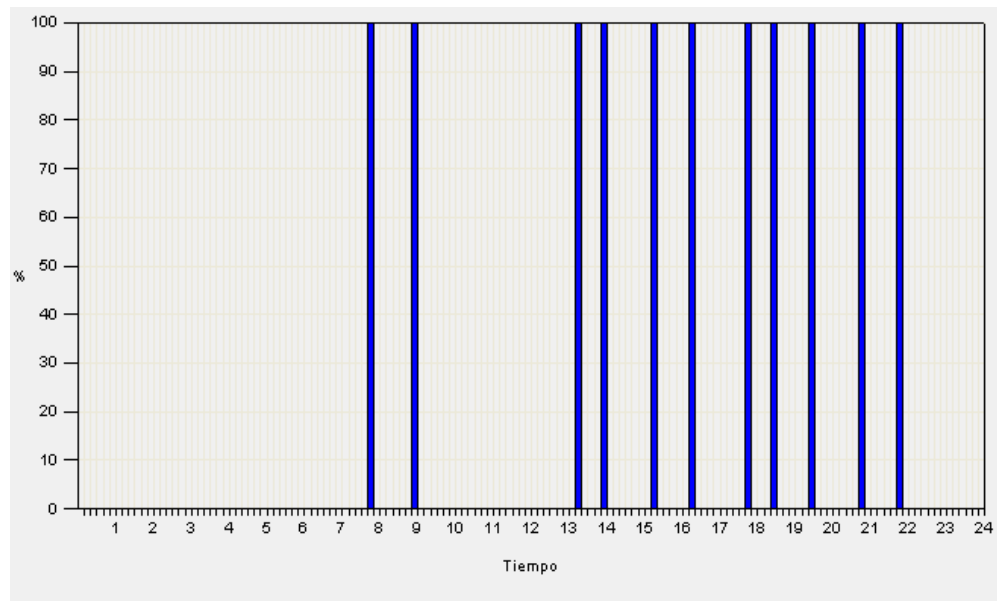


Gráfico A.12 Plantilla de iluminación. Aseo



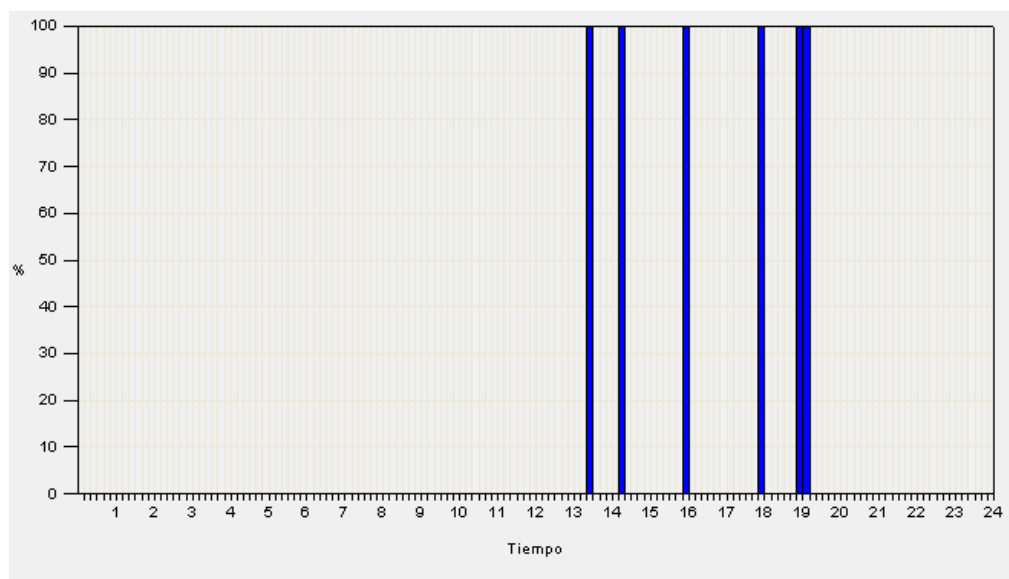


Gráfico A.13 Plantilla de iluminación. Trastero

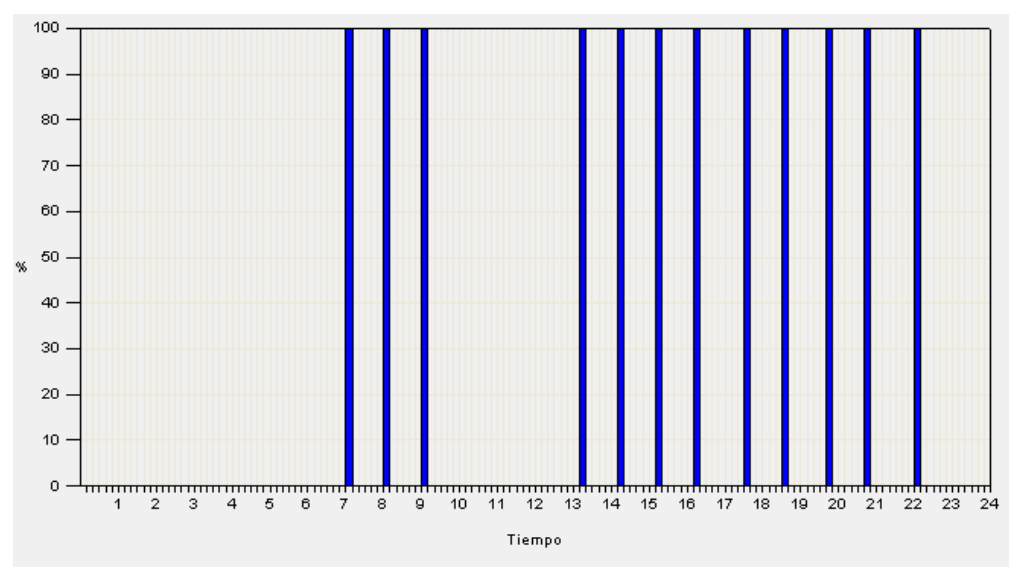


Gráfico A.14 Plantilla de iluminación. Recibidor 2, zona escalera 1, pasillo 1, recibidor 1, zona escalera 2 y pasillo 2

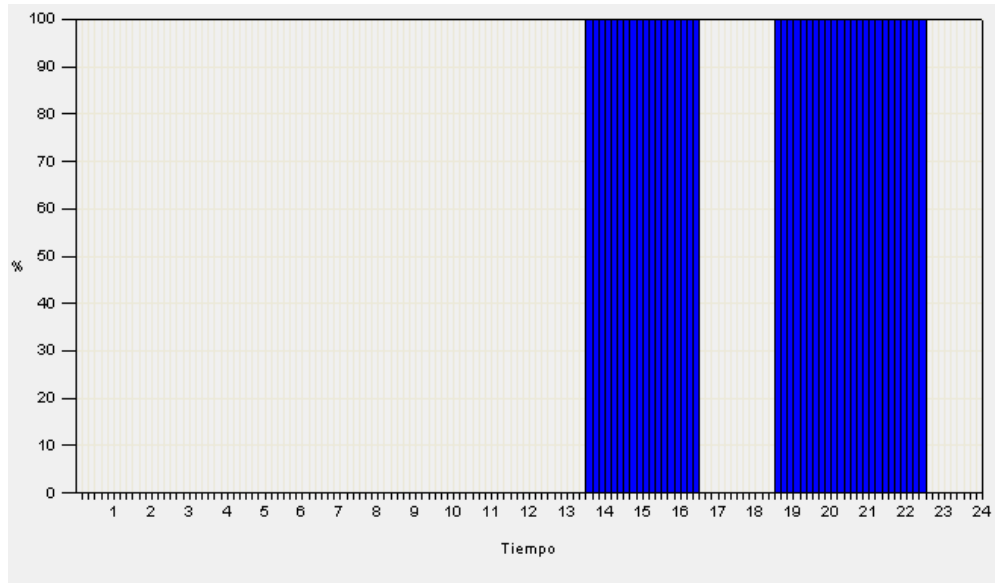


Gráfico A.15 Plantilla de iluminación. Sala de estar-comedor

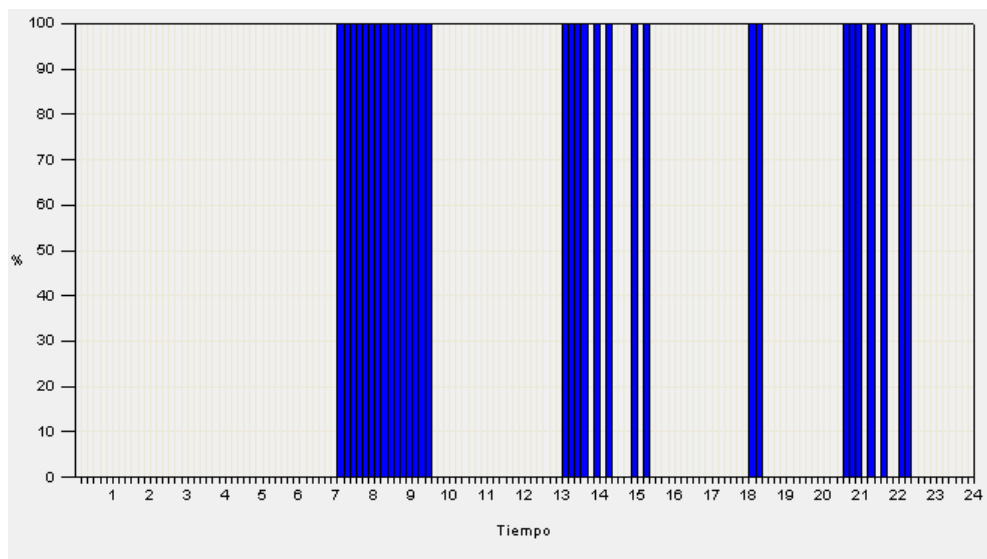


Gráfico A.16 Plantilla de iluminación. Cocina

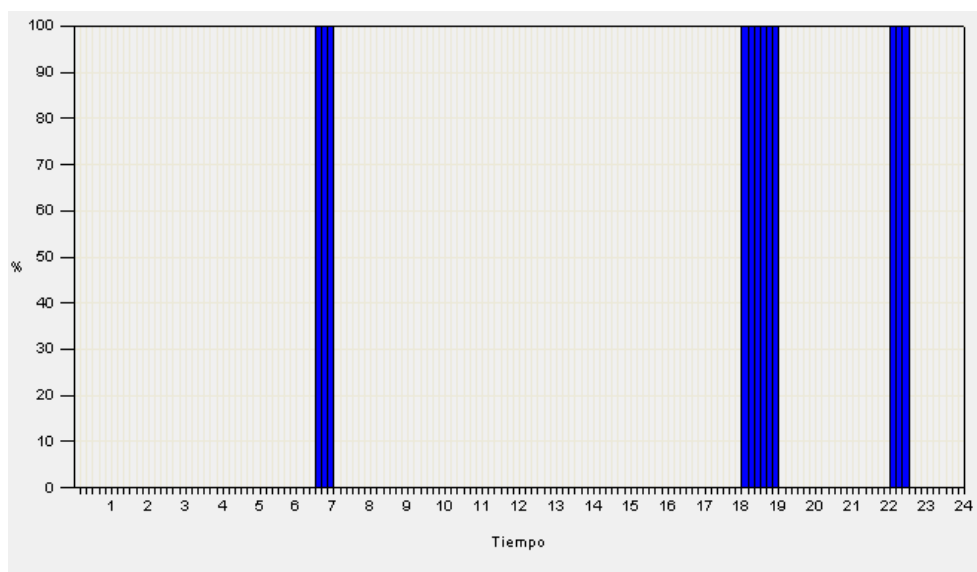


Gráfico A.17 Plantilla de iluminación. Habitación doble 1

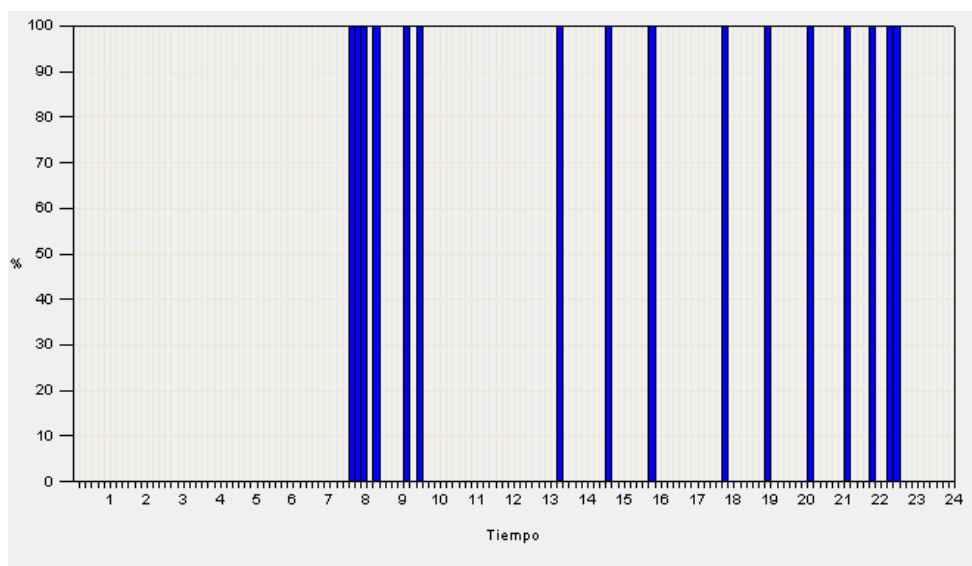


Gráfico A.18 Plantilla de iluminación. Baño



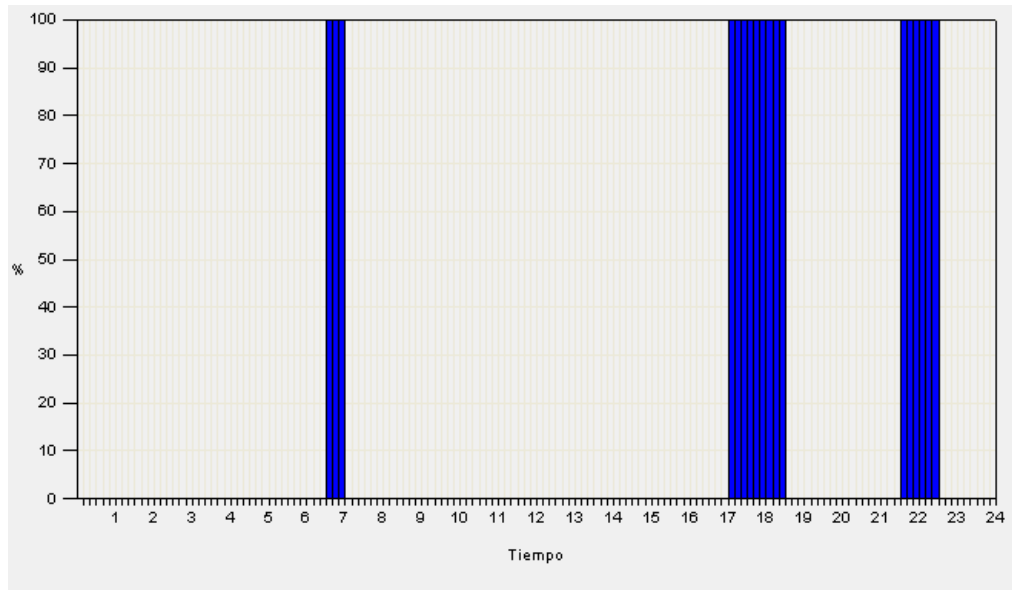


Gráfico A.19 Plantilla de iluminación. Habitación doble 2

Plantillas del funcionamiento de los sistemas de refrigeración y calefacción (HVAC)

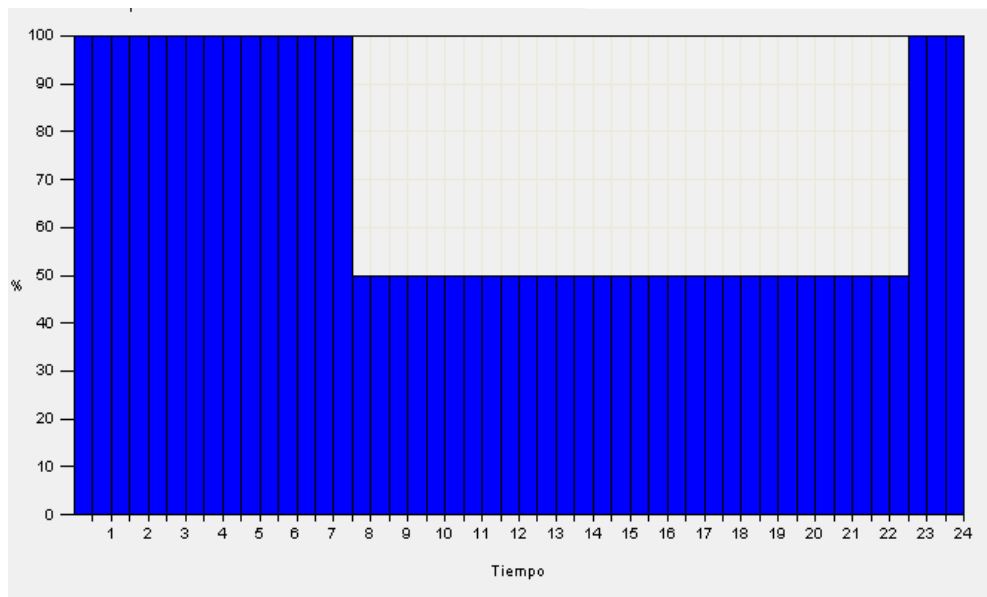


Gráfico A.20 Plantilla de HVAC. Habitación suite 1 (solo domingos) y habitación suite 2

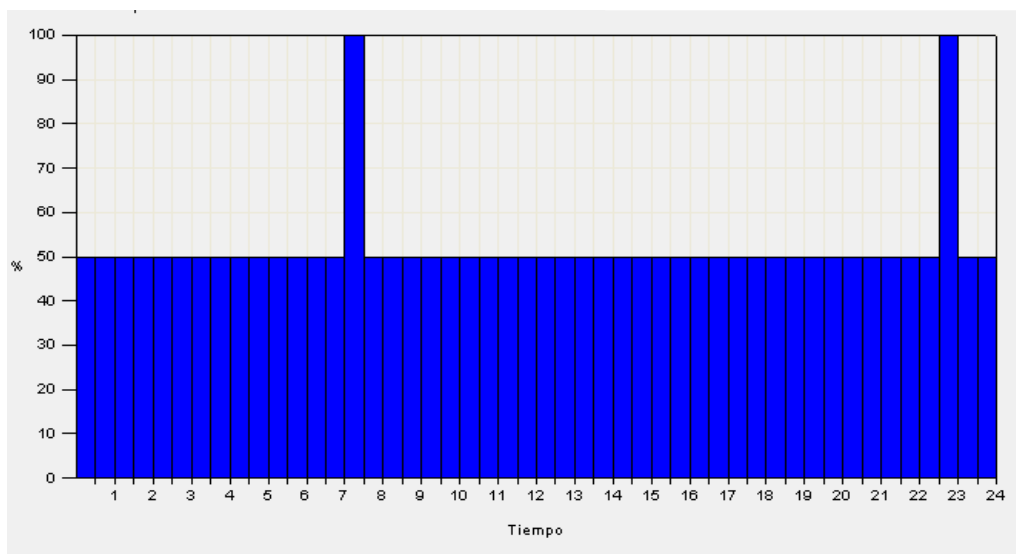


Gráfico A.21 Plantilla de HVAC. Baño suite 1 (solo domingos) y baño suite 2

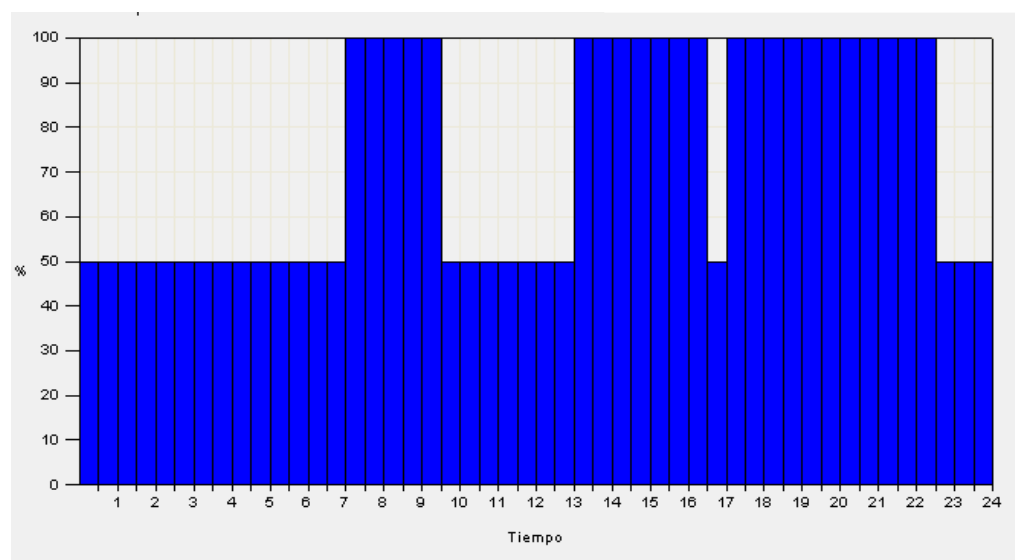


Gráfico A.22 Plantilla de HVAC. Aseo, zona de escalera 1, pasillo 1, recibidor 1, recibidor 2, baño, pasillo 2, zona de escalera 2

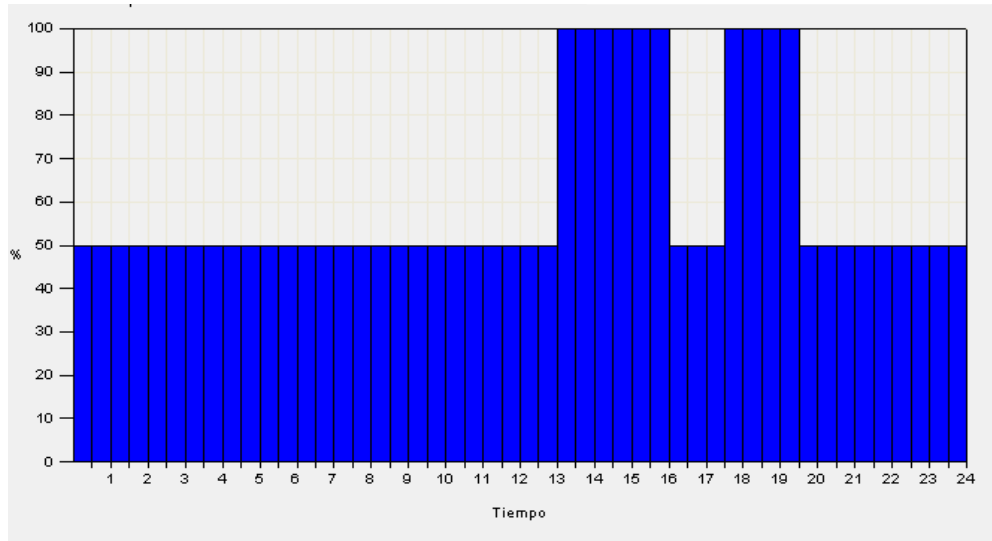


Gráfico A.23 Plantilla de HVAC. Trastero

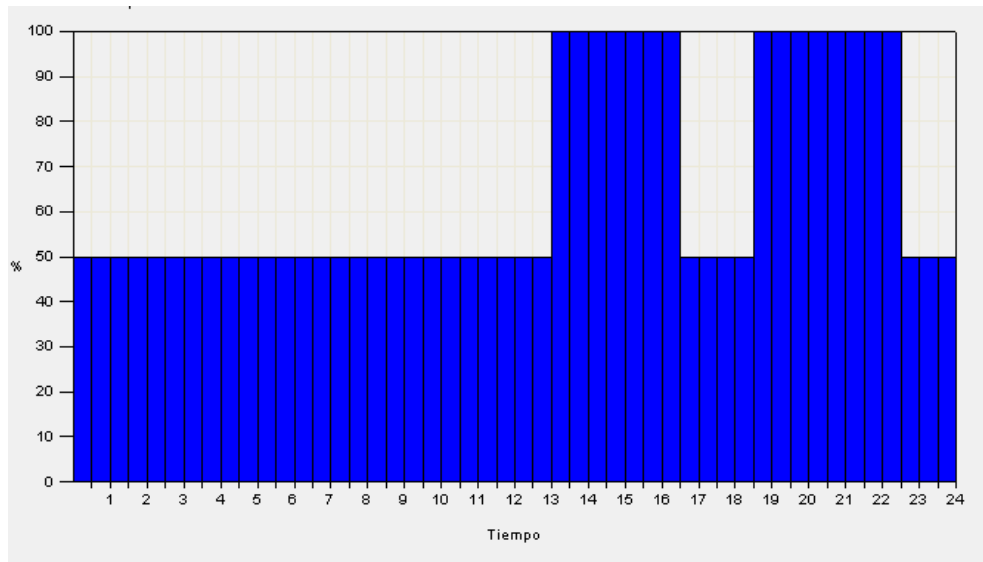


Gráfico A.24 Plantilla de HVAC. Sala de estar – comedor



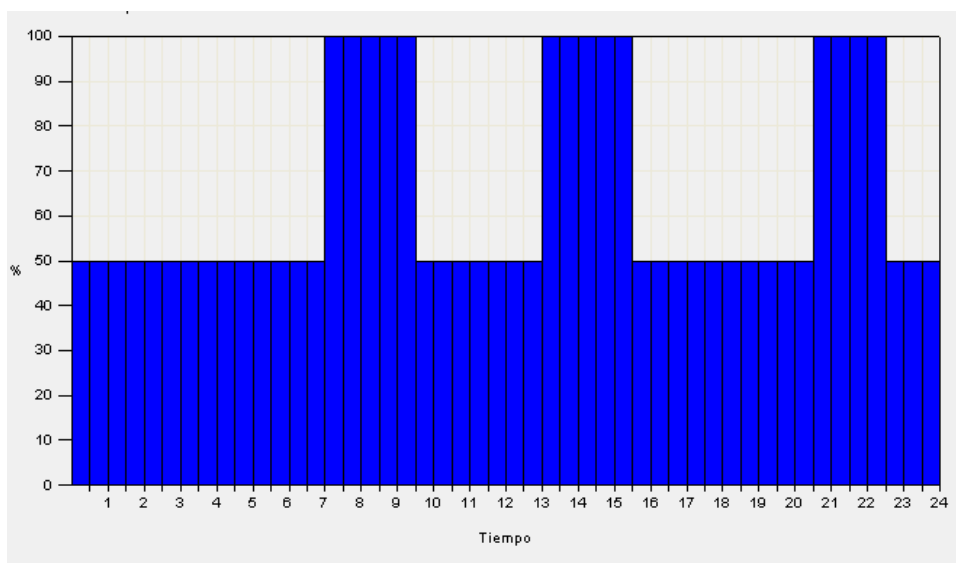


Gráfico A.25 Plantilla de HVAC. Cocina

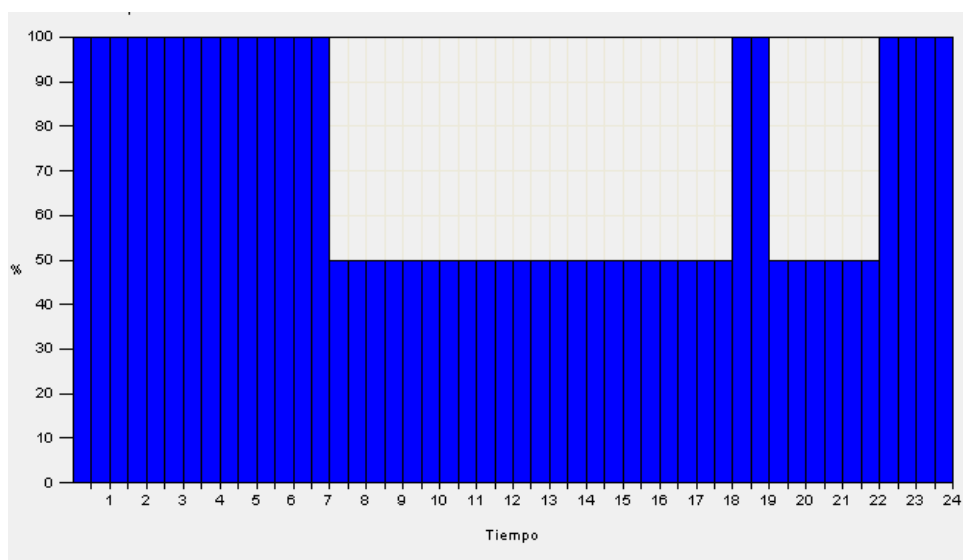


Gráfico A.26 Plantilla de HVAC. Habitación doble 1

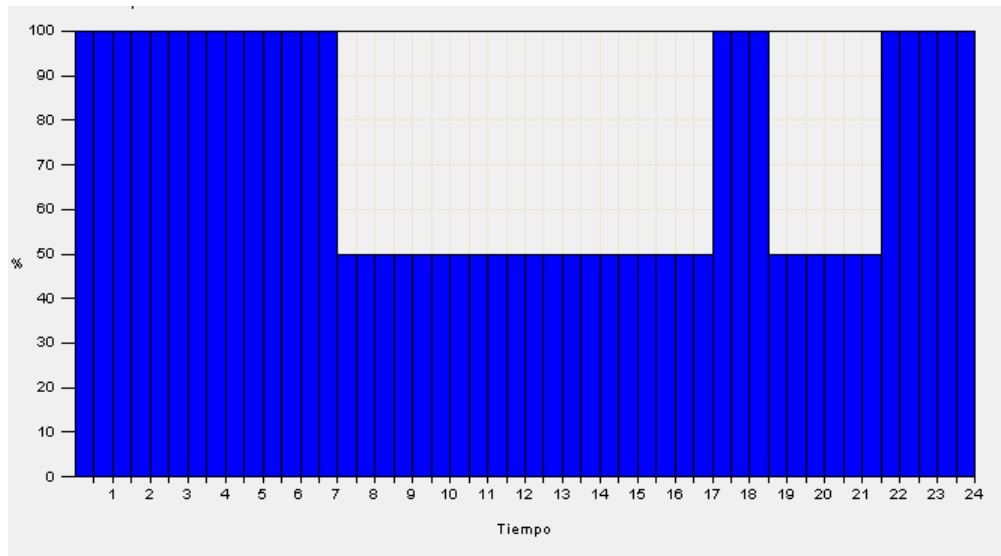


Gráfico A.27 Plantilla de HVAC. Habitación doble 2

### 5.3 ANEXO C. MUESTRA DE DATOS CLIMÁTICOS

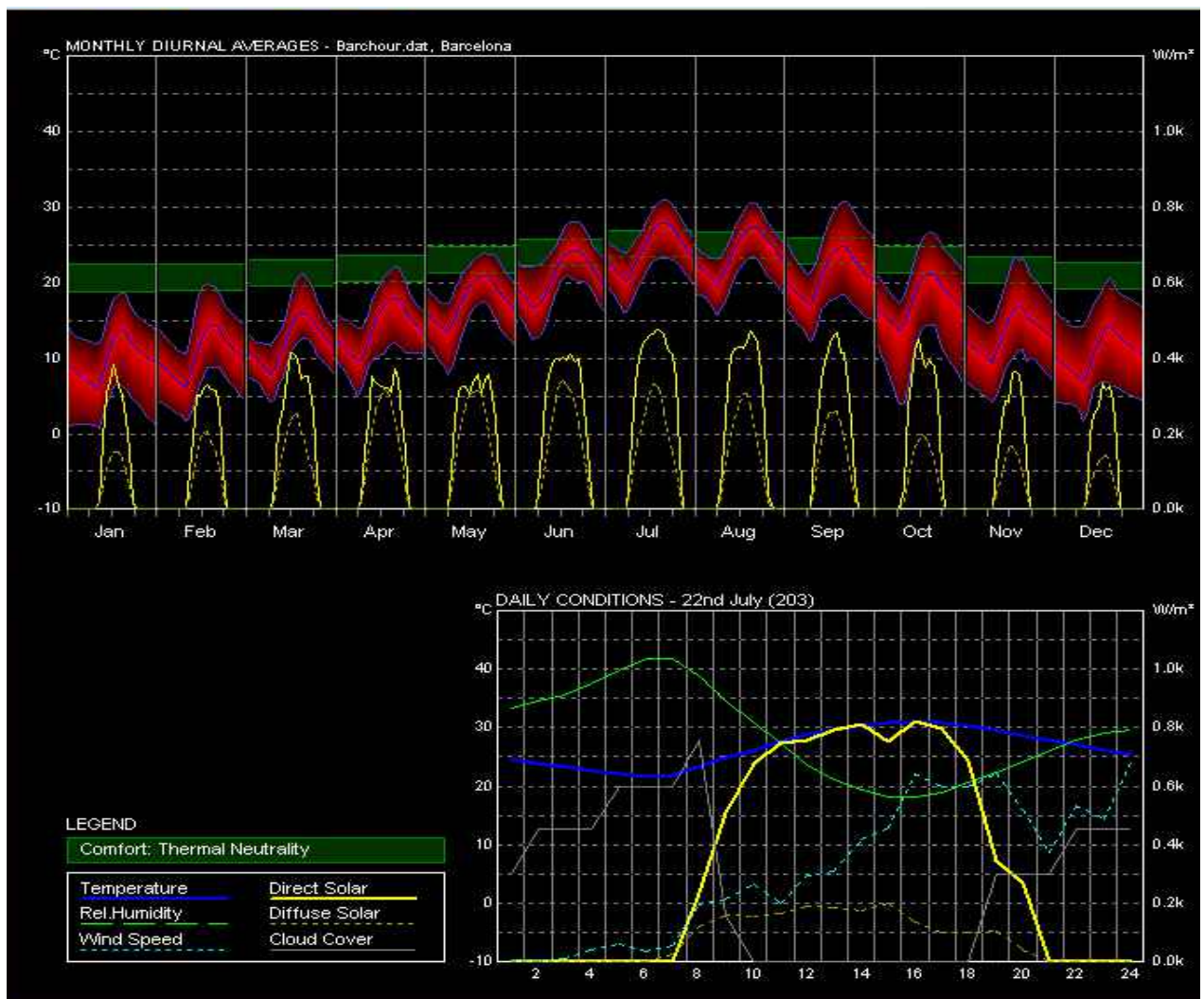


Figura A.1 Datos diarios medios del día con la temperatura máxima anual (22-Julio)

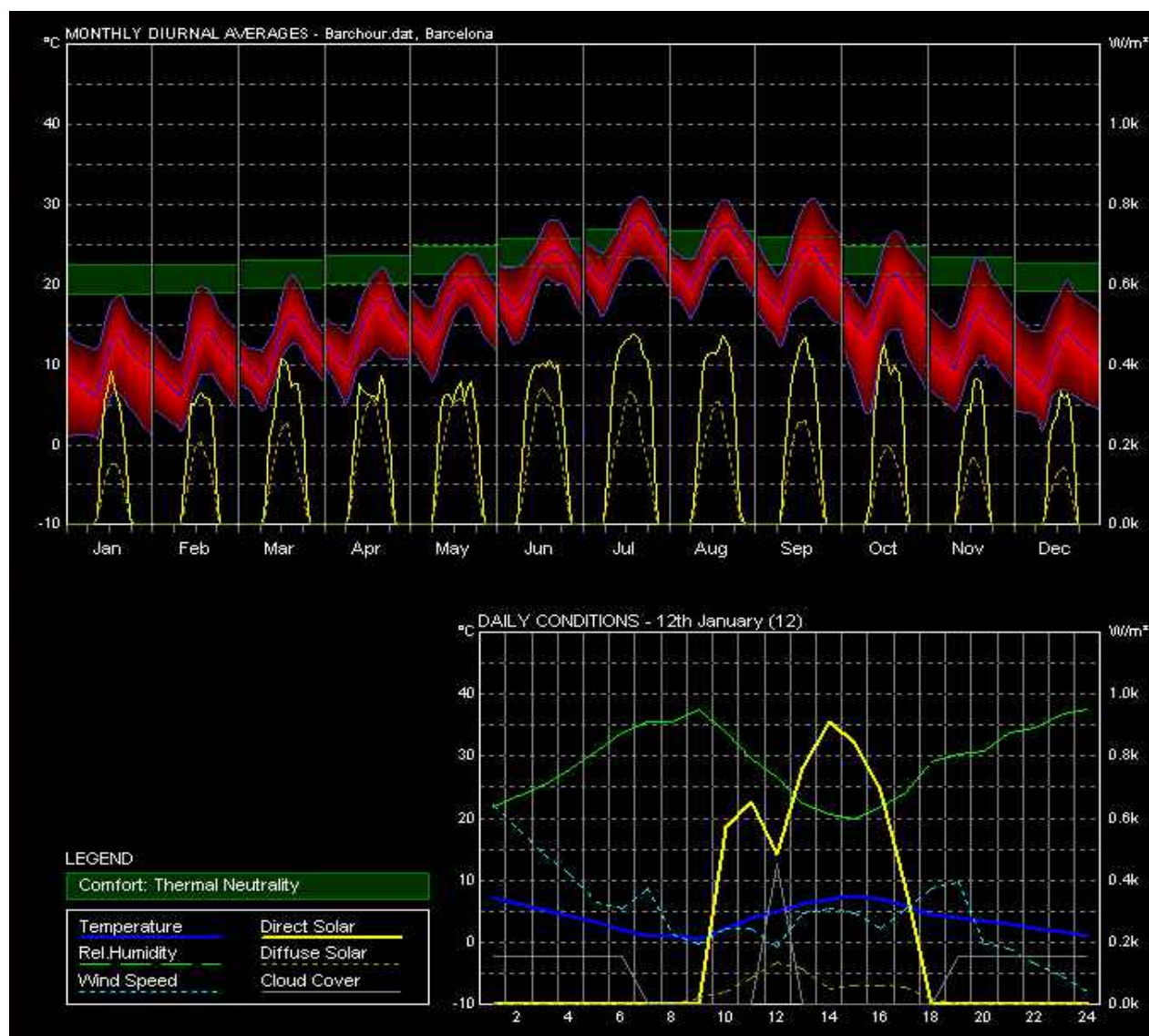


Figura A.2 Datos diarios medios del día con la temperatura mínima anual (12-Enero)



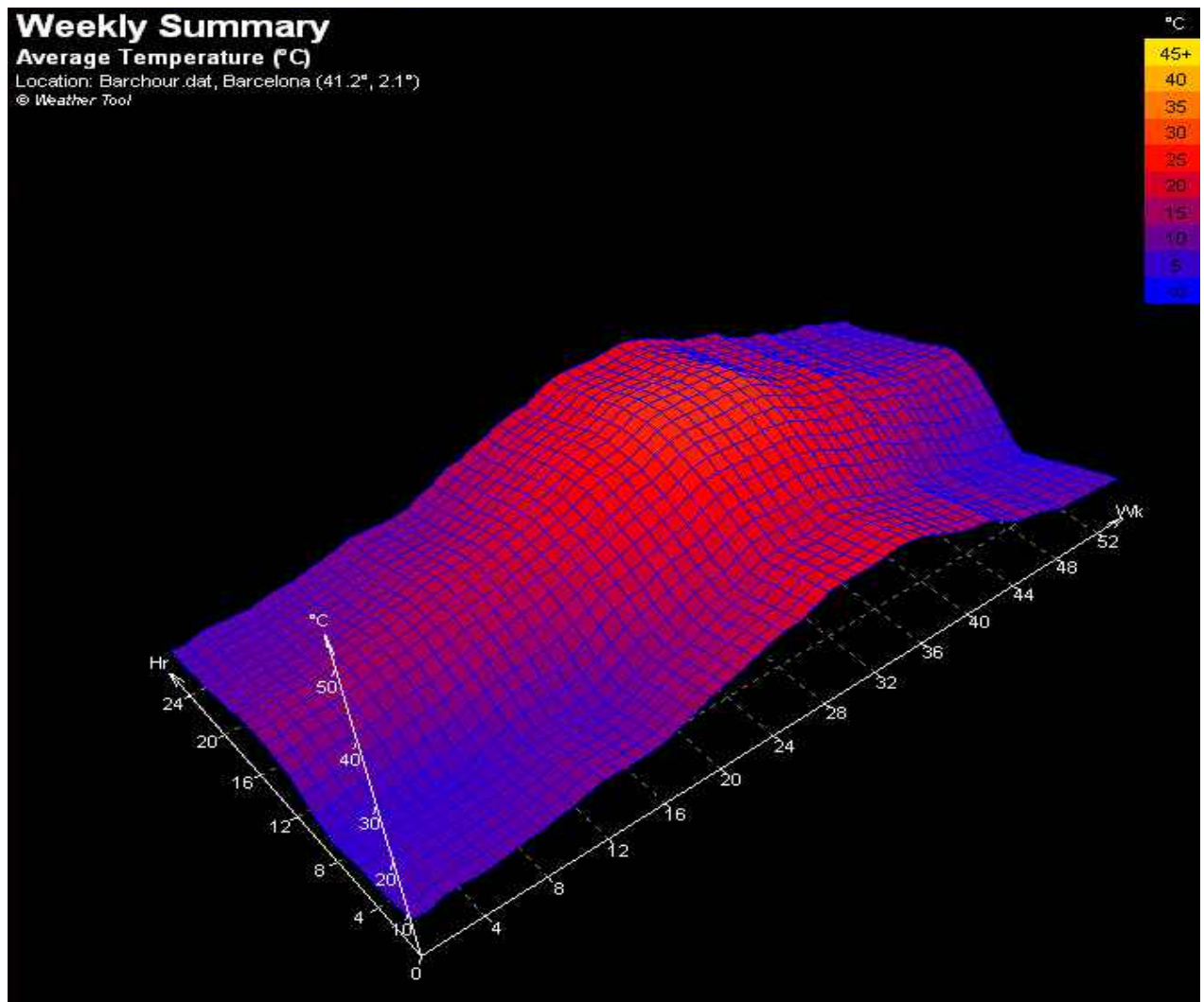


Figura A.3 Temperatura media semanal

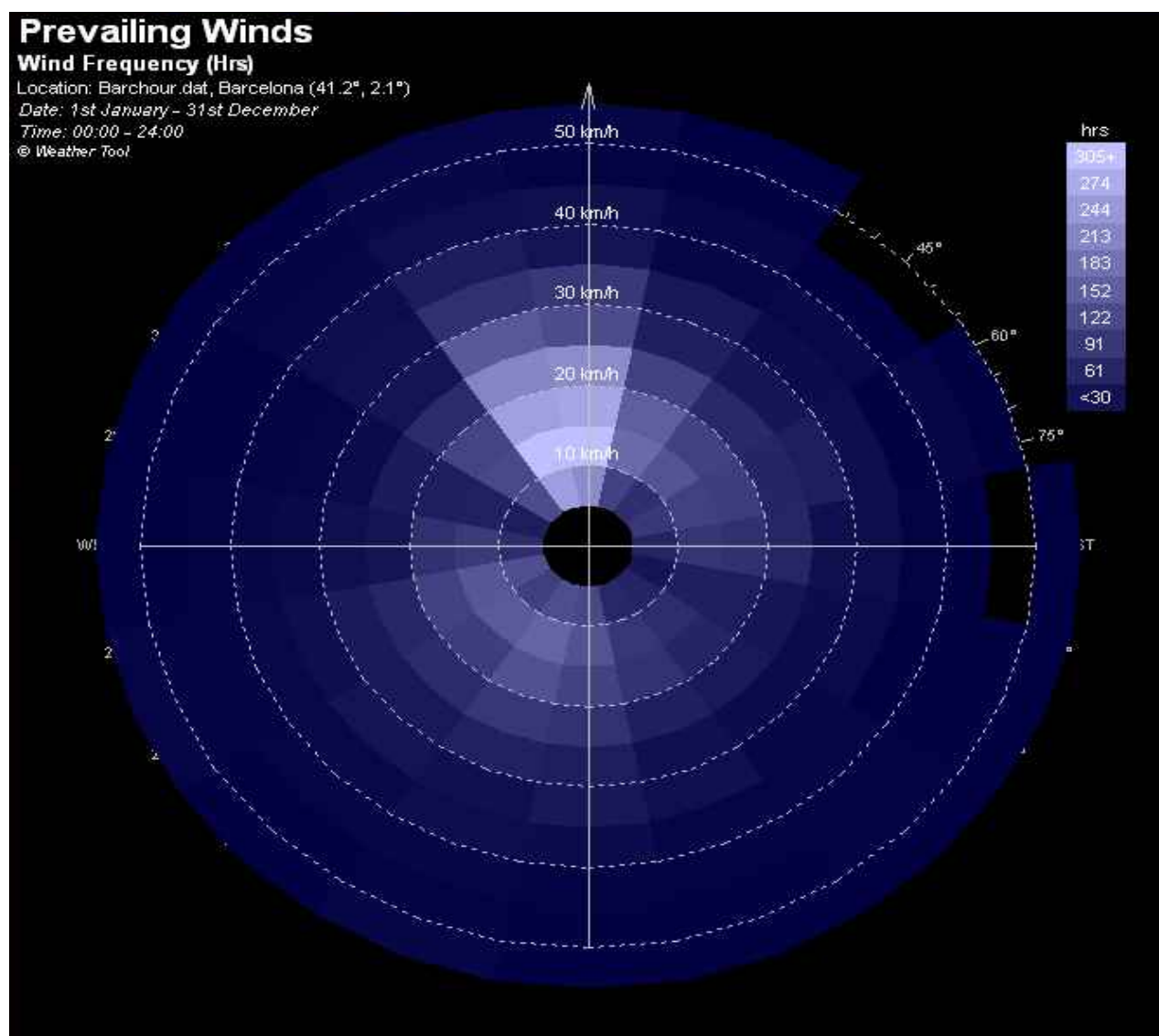


Figura A.4 Rachas de viento anual

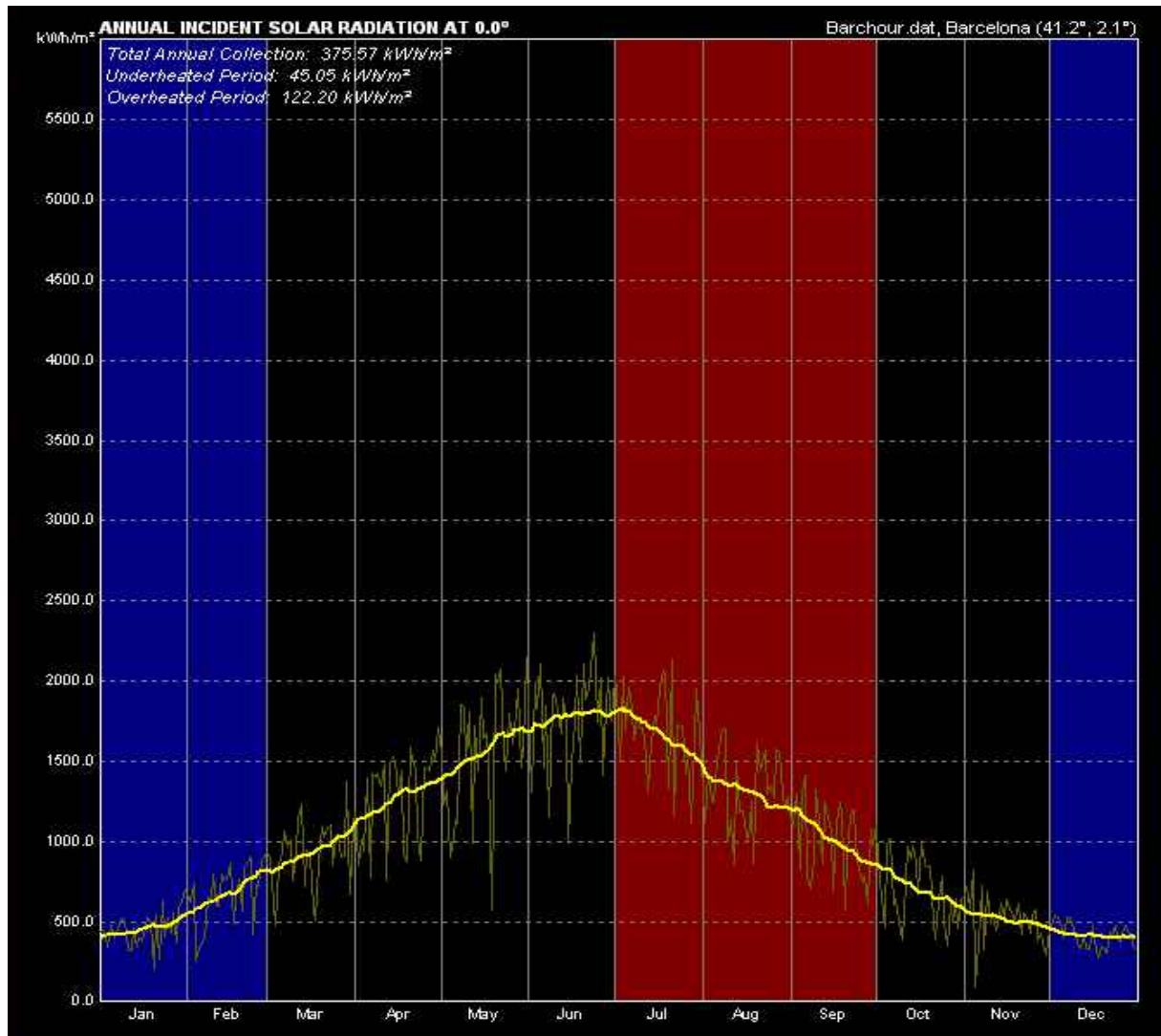


Figura A.5 Radiación solar anual



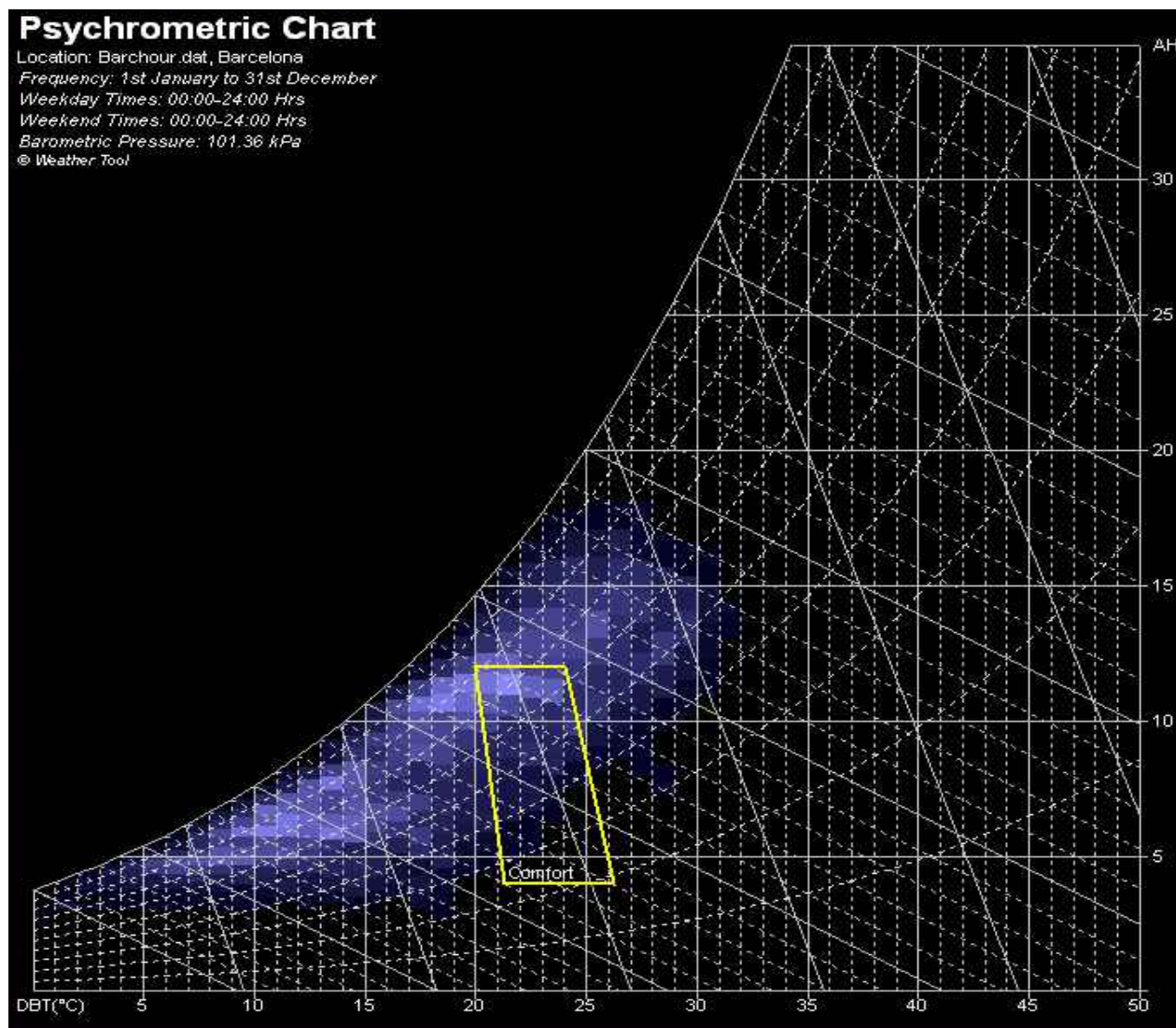


Figura A.6 Ábaco psicrométrico

